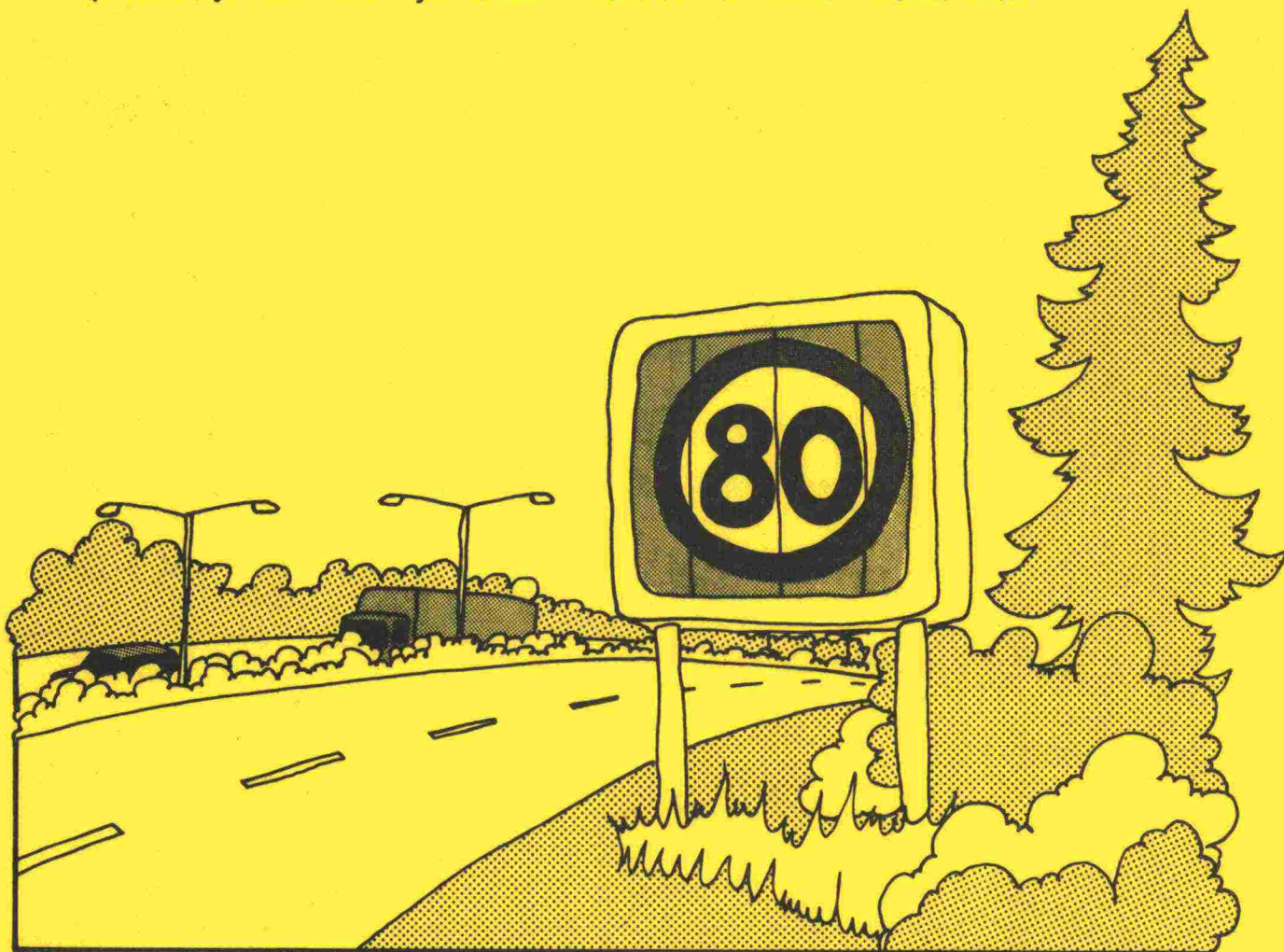


# TUTKIMUS VAIHTUVIEN NOPEUSRAJOITUSTEN KÄYTÖSTÄ JA EDELLYTYKSISTÄ JORVAKSENTIELLÄ

## 1. Vaihe

Nopeusrajoituksen ja sään vaikutus liikennevirtaan



TVH Liikennetoimisto  
TKK Liikennelaboratorio

08  
TIE



82 0916



TUTKIMUS VAIHTUVIEN NOPEUSRAJOITUSTEN KÄYTÖSTÄ  
JA EDELLYTYKSISTÄ JORVAKSENTIELLÄ

I Vaihe 28.6.1982

NOPEUSRAJOITUKSEN JA SÄÄN VAIKUTUS LIIKENNEVIR-  
TAAN

TVH Liikennetoimisto  
TKK Liikennelaboratorio

HELSINKI 1982

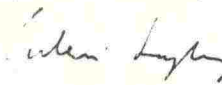
ISBN-951-46-5525-7

## ALKUSANAT

Nopeusrajoitusten sovittaminen oikealla tavalla vallitseviin tie- ja liikenneolosuhteisiin on tärkeää sekä rajoitusten vaikutusten että noudattamisen kannalta. Kiinteä rajoitus ei ota huomioon liikennemäärän, sään, kelin ja valoisuuden vaihteluita ja on siten tavallaan kompromissi. Jos rajoitusarvoa voitaisiin vaihtaa automaattisesti, osa ongelmista häviäisi. Vaihtuvan nopeusrajoitusjärjestelmän luominen edellyttää kuitenkin runsaasti tietoja liikenteen käyttäytymisestä eri nopeusrajoituksilla muuttuvissa sää- ja keliolosuhteissa. Tässä tutkimusraportissa näitä kysymyksiä on tarkasteltu Jorvaksentien liikennevirrasta tehtyjen havaintojen perusteella. Tutkimuksen tavoitteena on nimenomaan ollut perustietojen keräys ja tutkimusvalmiuden kehittäminen mahdollisia vaihtuvien nopeusrajoitusten kokeiluja varten.

Tutkimus on tehty teknillisen korkeakoulun liikennelaboratoriossa tie- ja vesirakennushallituksen käyttöosaston liikennetoimiston toimeksiannosta. Liikennelaboratoriossa työtä on ohjannut TkL Matti Pursula ja tutkimusraportin on diplomityönään laatinut tekn.yo. Matti Salonen. Tie- ja vesirakennushallituksen yhdyshenkilönä on toiminut DI Teuvo Puttonen.

Liikennelaboratorion esimies,  
professori

  
Sulevi Lyly



SISÄLLYSLUETTELO	I
TIIVISTELMÄ	III
SAMMANDRAG	IV
ABSTRACT	V
 1. JOHDANTO	 1
 2. LIIKENNEMÄÄRÄN, -TIHEYDEN JA KESKINOPEUDEN VÄ- LISTEN KUVAAJIEN MUODOSTAMINEN	 2
2.1 Liikennevirtaa kuvaavat perussuureet ja nii- den välisten kuvaajien muodostamisen pääpiirteet	2
2.2 Paikallisesti mitattujen suureiden poikkeama aika-tila-suureista	6
2.3 Havaintojaksojen muodostamisperiaatteiden vertailu	7
2.4 Havaintojaksojen pituuden optimointi	10
2.5 Liikennevirtakuvaajien väliset muunnokset	14
 3. SÄÄN VAIKUTUS LIIKENNEVIRTAAN	 17
3.1 TRRL:n tutkimus sumun vaikutuksesta keskinopeuteen ja aikaväleihin	17
3.11 Tutkimuksen tavoitteet ja koejärjestelyt	17
3.12 Ajoneuvon näkyvyys sumussa	17
3.13 Sumun vaikutus keskinopeuteen	18
3.14 Sumun vaikutus aikaväleihin	20
3.2 Kesä- ja talviolosuhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu	23
3.3 Sääolosuhteiden vaikutus nopeuteen	27
 4. NOPEUSRAJOITUSTEN VAIKUTUS LIIKENNEVIRTAAN	 28
Tutkimus vaihtuvista nopeusrajoituksista Salzburg-München moottoritiellä	
4.1 Maastohavainnot ja havaintojen käsittely	28
4.2 Tulokset	31
 5. LIIKENNEMÄÄRÄT JA -ONNETTOMUUKSET JORVAKSENTIELLÄ	 33

6.	MITTAUKSET JA MITTAUSTEN AIKAINEN LIIKENNE	38
6.1	Mittausten suoritus ja tulosten käsittely	38
6.2	Mittausten tarkkuus	41
6.3	Mittauspisteet	44
6.4	Suoritetut mittaukset	45
6.5	Liikennemäärien ja keskinopeuksien aikavaihtelut	46
6.6	Maksimiliikennemäärät	57
6.7	Liikenteen koostumus	60
7.	JORVAKSENTIEN LIIKENNEVIRTAKUVAAJAT	62
7.1	Kuvaajien muodostaminen	62
7.2	Muodostetut kuvaajat	66
7.3	Kuvaajien tarkastelu	83
7.31	Reuna- ja sisäkaistojen vertailu	83
7.32	Nopeusrajoituksen vaikutus	83
7.33	Olosuhteiden vaikutus	84
7.34	Jorvaksentien ja Salzburg-München moottoritien liikennevirtakuvaajien vertailu	86
8.	VAARALLISTEN AIKAVÄLIEN OSUUS LIIKENNEVIRRASSA	88
9.	TUTKIMUSMENETELMÄN JA TULOSTEN TARKASTELU	100
9.1	Tutkimusmenetelmän tarkastelu	100
9.2	Tulosten tarkastelu	103
10.	YHTEENVETO	106

KIRJALLISUUSLUETTELO

LIITTEET 1-3

## NOPEUSRAJOITUKSEN JA SÄÄN VAIKUTUS LIIKENNEVIRTAAAN

- Kirjallisuustutkimus ja analyysi Jorvaksentien liikennevirrasta

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitetään nopeusrajoituksen sekä sään ja kelin vaikutusta liikennevirran ominaisuuksiin kirjallisuuden ja Jorvaksentiellä tehtyjen mittauksien pohjalta. Jorvaksentien liikennevirtaa tarkastellaan muodostamalla 80, 100 ja 120 km/h nopeusrajoitusalueiden liikennevirtakuvaajat kesä-, syys- ja talviolosuhteissa sekä analysoimalla vaarallisten aikavälien esiintymistä. Mahdollisimman luotettavan liikennevirtakuvaajien muodostamismenetelmän löytämiseksi tarkastellaan kirjallisuuden avulla liikennevirtakuvaajien määrittämiseen liittyviä keskeisiä kysymyksiä.

Nopeusrajoituksen vaikutus liikennevirran vapaaseen nopeuteen oli melko pieni. Nopeusrajoituksen kasvaessa 40 km/h kasvaa vapaa nopeus hyvissä olosuhteissa reunakaistalla n. 7 km/h ja sisäkaistalla n. 17 km/h. Nopeusrajoituksen vaikutuksesta kapasiteettiin ei voitu tehdä selvää johtopäätöstä.

Olosuhteet vaikuttavat selvästi kapasiteettiin. Huonoissa talviolosuhteissa kapasiteetti on n. kolmanneksen pienempi kuin hyvissä olosuhteissa. Valaistulla tiellä nopeudet ovat pimeällä keskimäärin yhtä suuria kuin valoisalla. Valaisemattomalla tiellä nopeudet ovat pimeällä n. 5 km/h pienempiä kuin valoisalla.



## HASTIGHETSBEGRÄNSNINGENS OCH VÄDERLEKENS INVERKAN PÅ TRAFIKFLÖDE

- Undersökning på basen av litteratur och analys av trafikflödet på Jorvasvägen

### SAMMANDRAG

I undersökningen utreds inverkan av hastighetsbegränsning, väderlek och väglag på trafikflödets egenskaper på basen av litteratur och mätningar på Jorvasvägen. Trafikflödet på Jorvasvägen undersöks genom att bilda trafikflödeskurvor i sommar-, höst- och vinterförhållanden för de olika hastighetsbegränsningsområdena 80, 100 och 120 km/h och genom att analysera förekomsten av kritiska tidsavstånd. För att finna en så tillförlitlig metod som möjligt för bildande av trafikflödeskurvorna, granskar man med hjälp av litteraturen de centralaste frågorna beträffande definitionen av trafikflödeskurvor.

Hastighetsbegränsningens inverkan på den fria hastigheten var ganska liten. När hastighetsbegränsningen lindras med 40 km/h höjs den fria hastigheten i goda förhållanden med ca 7 km/h på det yttre körfältet och med ca 17 km/h på mittkörfältet. Man kunde inte dra några klara slutsatser angående hastighetsbegränsningens inverkan på kapaciteten.

Förhållandena inverkar klart på kapaciteten. I svåra vinterförhållanden är kapaciteten ca en tredjedel mindre än i goda förhållanden. Under mörkret är hastigheterna på de belysta vägarna i genomsnitt lika höga som i dagsljus. På de obelysta vägarna är hastigheterna ca 5 km/h lägre under mörkret än i dagsljus.

# THE EFFECTS OF SPEED LIMITS AND WEATHER TO THE TRAFFIC FLOW

- Literature study and analysis of the traffic flow on the Western motorway of Helsinki

## ABSTRACT

In the study the effects of speed limits and external traffic conditions to the characteristics of the traffic flow are considered on the basis of the existing literature and a series of measurements on the Western motorway of Helsinki. The traffic flow characteristics are studied by forming the fundamental volume-speed-concentration relationships of 80, 100 and 120 km/h speed limits in summer, autumn and winter conditions and analysing the occurrence of risky time headways. To find the most reliable method to form the fundamental diagram the central problems in its determination are studied on the basis of literature.

The effect of a speed limit to the free speed is fairly small. When the speed limit increases by 40 km/h, the free speed increases in good conditions on the 1. lane by ~7 km/h and on the 2. lane by ~17 km/h. No clear conclusion could be made of the effect of the speed limit to the capacity of the road.

The external conditions effect considerably to the capacity. In bad winter conditions the capacity was about 1/3 smaller than in good conditions. On highway lighting the speeds were in the dark as high as in the light. When there was no lighting a difference ~5 km/h was measured.

# 1. JOHDANTO

Nopeusrajoituksella pyritään ensisijaisesti mahdollisimman hyvän liikenneturvallisuuden saavuttamiseen ilman, että nopeuksia tarpeettomasti rajoitetaan. Tielle asetettu pysyvä nopeusrajoitus pysyy muuttumattomana vuodenojoista ja sää- ja keliolosuhteiden sekä liikennevirran tilan vaihteluista huolimatta, vaikka näiden vaihteluiden vuoksi myös tielle kulloinkin optimaalinen nopeusrajoitus vaihtelee.

Eräiden saksalaisten tutkimustulosten mukaan nopeusrajoitus vaikuttaa myös mm. tien kapasiteettiin. Tällöin ruuhkaliikenteessä olisi käytettävä sellaista nopeusrajoitusta, jolla tien kapasiteetti olisi mahdollisimman suuri.

Jotta nopeusrajoitus olisi eri tilanteissa optimaalinen, on sitä vaihdettava olosuhteiden ja liikennetilanteen mukaisesti. Vaihtuvien nopeusrajoitusten käyttö edellyttää mm. liikennevirran ominaisuuksien tuntemista eri nopeusrajoituksilla eri olosuhteissa erityisesti välityskykyä ja turvallisuutta silmällä pitäen. Tutkimuksen tavoitteena on tällaisen tiedon tuottaminen kirjallisuustutkimuksella ja Jorvaksentiellä suoritettujen mittausten avulla. Jorvaksentien liikennevirran ominaisuuksia tutkitaan muodostamalla eri nopeusrajoitusalueiden ja eri olosuhteiden liikennevirtakuvaajat sekä analysoimalla vaarallisten aikavälien esiintymistä. Koska liikennevirtakuvaajat voidaan muodostaa useilla eri menetelmillä, on kirjallisuustutkimuksessa lisäksi pyritty selvittämään millä menetelmällä saadaan luotettavimmat tulokset.



2. LIIKENNEMÄÄRÄN, -TIHEYDEN JA KESKINOPEUDEN VÄLISTEN KUVAAJIEN MUODOSTAMINEN

2.1 Liikennevirtaa kuvaavat perussuureet ja niiden välisten kuvaajien muodostamisen pääpiirteet

Liikennevirtaa kuvaavat perussuureet ovat liikennemäärä ( $q$ ), liikennetiheys ( $d$ ) ja liikennevirran matkajakauman keskinopeus ( $v$ ). Jatkossa tarkoitetaan keskinopeudella liikennevirran matkajakauman keskinopeutta. Liikennetiheydelle ja -määrälle voidaan esittää määritelmät /3/:

$$q = M/T \quad \text{ja} \quad (1)$$

$$d = N/S \quad , \quad (2)$$

joissa  $M$  on ajassa  $T$  poikkileikkauksessa kulkeneiden ajoneuvojen lukumäärä ja  $N$  on tietyllä hetkellä tieosalla  $S$  olevien ajoneuvojen lukumäärä.

Liikennemäärä  $q$  on muuttuja, joka kuvaa tiettyä tien poikkileikkausta ajanjaksona  $T$ . Liikennetiheys  $d$  on puolestaan muuttuja, joka kuvaa tietyssä hetkenä tieosaa  $S$ . Hetkellisellä mittauksella (= mittaus, jossa tietyssä hetkenä mitataan tieosaa  $S$ ) ei voida mitata liikennemäärää, koska liikennemäärä liittyy johonkin ajanjaksoon. Vastaavasti paikallisella mittauksella (= mittaus, jossa tietyssä paikassa mitataan jakson  $T$  ajan) ei voida mitata liikennetiheyttä, koska se puolestaan liittyy johonkin tieosaan. Keskinopeus voidaan sen sijaan mitata sekä paikallisella että hetkellisellä mittauksella. Koska paikallinen mittaus on käytännössä helpompi suorittaa kuin hetkellinen, käytetään liikennevirran perussuureita tutkittaessa yleensä paikallista mittausta. Tällöin voidaan siis liikennevirrasta mitata liikennemäärä ja keskinopeus. Liikennetiheys lasketaan näistä arvoista liikennevirran perusyhtälöä

$$q = v \cdot d \quad (3)$$

käyttäen. Laskettu liikennetiheys  $d$  on keskimääräinen liikennetiheys mittajakson  $T$  aikana lyhyellä matkalla  $\Delta s$ , jolla ajoneuvojen nopeudet on paikallisessa mittauksessa

mitattu. Esimerkiksi käytettäessä nopeuden mittaamiseen kah-  
ta induktiivista ajoneuvoilmaisinta on tämä matka yleensä 10 m.  
Jos liikennevirta on havaintojakson T ajan muuttumaton (muut-  
tumaton liikennevirta = liikennevirta, jota kuvaavat suureet  
vaihtelevat ainoastaan satunnaisesti muuttumattoman keski-  
arvon ympärillä), kuvaavat paikallisella mittauksella saadut  
 $q_1$ ,  $d_1$  ja  $v_1$  tiettyä liikennevirran tasapainotilaa. Jos lii-  
kennevirrassa tapahtuu havaintojakson aikana muutoksia, ovat  
arvot muuttuvaa liikennevirtaa kuvaavia keskiarvoja, joiden  
mukaista tilaa liikennevirrassa ei välttämättä ole laisin-  
kaan esiintynyt. Havaintojaksot on tämän vuoksi pyrittävä  
muodostamaan siten, että liikennevirta olisi havaintojakson  
ajan muuttumaton.

Paikallisesti mitatut perussuureet kuvaavat liikennevirtaa  
ajanjaksona T lyhyellä matkalla  $\Delta s$ . Jotta voidaan tarkas-  
tella paikallisesti mitattujen suureiden käyttökelpoisuutta  
 $\Delta s$ :ää huomattavasti pidemmän tienosan S kuvaamiseen, esite-  
tään perussuureille aika-tila-määritelmät /15/:

$$q_{AT} = \frac{\sum \text{ajassa T tieosalla S kuljetut matkat}}{T \cdot S} \quad (4)$$

$$d_{AT} = \frac{\sum \text{ajassa T tieosalla S käytetyt ajat}}{T \cdot S} \quad (5)$$

$$v_{AT} = \frac{\sum \text{ajassa T tieosalla S kuljetut matkat}}{\sum \text{ajassa T tieosalla S käytetyt ajat}} \quad (6)$$

Yhtälöiden mukaiset arvot  $q_{AT}$ ,  $d_{AT}$  ja  $v_{AT}$  kuvaavat liikenne-  
virtaa tieosalla S ajanjaksona T. Liikennemäärä  $q_{AT}$  on ajal-  
la T tieosan S kaikkien poikkileikkauksien liikennemäärien  
keskiarvo. Vastaavasti liikennetiheys  $d_{AT}$  on ajalla T tie-  
osan S kaikkien hetkellisten tiheyksien keskiarvo /3/.

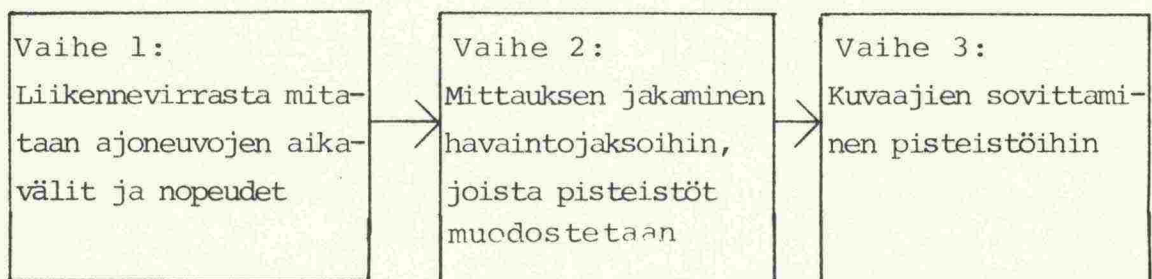
Jos liikennevirta on paikan suhteen muuttumaton, on paikalli-  
sesti mitatuilla perussuureiden arvoilla samat odotusarvot  
kuin vastaavilla aika-tila-arvoilla. Paikallisesti mitatut  
arvot jakautuvat tällöin satunnaisesti vastaavien aika-tila-  
arvojen ympärille eli ne kuvaavat tieosaa S ilman syste-  
maattista virhettä.



Jos liikennevirta on paikan suhteen muuttuva on paikallisesti mitattujen arvojen ja aika-tila-arvojen poikkeamalla tietty odotusarvo. Tällöin paikallisesti mitattujen arvojen yleistäminen tieosaa  $S$  kuvaaviksi aiheuttaa satunnaisen virheen lisäksi systemaattisen virheen. Luvussa 2.2 tarkastellaan liikennemäärän ja -tiheyden virheitä, jotka tällaisessa yleistämisessä syntyvät.

Yksi kuvaaja esittää kahden perussuureen välisen riippuvuuden, joten perussuureiden välisille riippuvuuksille voidaan muodostaa kolmenlaisia kuvaajia -  $q-d$ -,  $q-v$ - ja  $v-d$ -kuvaajia. (Jatkossa tässä esityksessä näistä kuvaajista käytetään yleisnimitystä liikennevirtakuvaajat). Mielenkiintoisin ja ehkä useimmin tarkasteltu kuvaaja on  $q-d$ -kuvaaja, jota on usein nimitetty liikennevirran peruskuvaajaksi.

Liikennevirtakuvaajien muodostamisen päävaiheet on esitetty kuvassa 1. Kuvaajat sovitetaan perussuureiden väliseen pisteistöön tilastollisilla menetelmillä esim. regressioanalyysillä.



Kuva 1. Liikennevirtakuvaajien muodostamisen päävaiheet.

Muodostamisprosessin eri vaiheissa on ratkaistava seuraavat kysymykset:

- 1) Miten mittausjakso jaetaan havaintojaksoihin, joista perussuureiden väliset pisteistöt lasketaan (vaiheessa 2),
- 2) Kuvaajan perusmuodon valinta (vaiheessa 3),
- 3) Sovitetaanko kuvaaja vain yhteen pisteistöön (yleensä  $v-d$ -pisteistö) ja muunnetaan saatu kuvaaja liikennevirran perusyhtälön ( $q = v \cdot d$ ) avulla muiden pisteistöjen kuvaajiksi vai sovitetaanko kaikki kuvaajat suoraan siihen pisteistöön, jota ne kuvaavat (vaiheessa 3).



Kysymyksessä 1 eli havaintojaksojen muodostamisessa on valittavissa seuraavia menettelytapoja:

- a) Mittaus jaetaan vakiopituisiin, peräkkäisiin havaintojaksoihin.
- b) Mittaus jaetaan peräkkäisiin jaksoihin, joissa kaikissa on yhtä paljon ajoneuvoja.
- c) Ajoneuvot luokitellaan matkavälin perusteella ja jokaisen luokan ajoneuvoista muodostetaan yksi havaintojakso ikäänkuin kyseiset havainnot olisi tehty todellisesta liikennevirrasta peräkkäin.
- d) Vastaavasti kuin edellisessä kohdassa, mutta ajoneuvot luokitellaan nopeuden perusteella.

Havaintojakson muodostamisperiaatteen valinnan jälkeen on a-kohdan menettelytapaa käytettäessä vielä ratkaistava havaintojakson pituus, b-kohdassa havaintojakson ajoneuvomäärä ja c- ja d-kohdissa luokkarajat. Luvussa 2.3 verrataan a-, c- ja d-kohdissa esitettyjä havaintojakson muodostamisperiaatteita. Luvussa 2.4 tarkastellaan kuinka pitkä havaintojakson tulisi olla, jos mittaus jaetaan a-kohdan mukaisesti vakiopituisiin jaksoihin.

Liikennevirtakuvaajan perusmuodolla tarkoitetaan perussuureiden välisen riippuvuuden funktiota, jonka parametrejä ei ole määritetty. Kirjallisuudessa on esitetty useita eri perusmuotoja. Todellista liikennevirtaa kuvattaessa on valittava sellainen perusmuoto, että sovittamisen tuloksena saadaan pisteistöön mahdollisimman hyvin sopiva kuvaaja. Kuvaajien sopivuutta pisteistöön voidaan arvioida paitsi silmämääräisesti myös korrelaatiokertoimen ja keskipoikkeaman perusteella.

Koska todellista liikennevirtaa kuvaava v-d-pisteistö on muodoltaan yleensä selkeämpi kuin muut pisteistöt, sovitaan kuvaaja usein ainoastaan v-d-pisteistöön. Tällöin muut kuvaavat muodostetaan v-d-kuvaajasta liikennevirran perusyhtälön avulla. Luvussa 2.5 on esitetty kuinka tietyissä tapauksissa tällä menetelmällä voidaan saada harhaanjohtavia tuloksia.

## 2.2 Paikallisesti mitattujen suureiden poikkeama aika-tila-suureista /3/

Tarkastellaan ajan suhteen muuttumatonta, mutta paikan suhteen muuttuvaa liikennevirtaa. Tieosan  $S$  tietyssä pisteessä mitatut paikalliset liikennetiheyden  $d_p$  ja keskinopeuden  $v_p$  arvot poikkeavat tällöin samasta liikennevirrasta tieosalla  $S$  mitatuista aika-tila-suureista  $d_{AT}$  ja  $v_{AT}$  sekä systemaattisesti että satunnaisesti. Jos tieosalla  $S$  ei ole liittymiä, niin paikallisesti mitattu liikennemäärä  $q_d$  poikkeaa aika-tila-liikennemäärästä  $q_{AT}$  vain satunnaisesti. Tarkastellaan lähemmin poikkeamia

$$\Delta d = d_{AT} - d_p \quad \text{ja} \quad (7)$$

$$\Delta q = q_{AT} - q_p. \quad (8)$$

Määritellään

$$\Delta r_i = \frac{\Delta s}{S} R_i - r_i, \quad (9)$$

jossa  $\Delta s$  on matka, jolla ajoneuvon nopeus mitataan paikallisessa mittauksessa,

$r_i$  on aika, jonka  $i$ :s ajoneuvo käytti matkan  $\Delta s$  kulkemiseen,

$S$  on tieosa, jonka aika-tila-suureita tarkastellaan ja

$R_i$  on aika, jonka  $i$ :s ajoneuvo käytti tieosan  $S$  kulkemiseen.

Oletetaan, että  $\Delta r_i$ :t jakautuvat normaalijakauman  $N(\mu, \sigma)$  mukaisesti. Tällöin  $\Delta d$ :lle voidaan johtaa varmuusrajat:

$$\Delta d \geq \frac{1}{\Delta s} (q \cdot \mu - t_\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{q}{T}}) = G_1 \quad \text{ja} \quad (10)$$

$$\Delta d \leq \frac{1}{\Delta s} (q \cdot \mu + t_\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{q}{T}}) = G_2,$$

joissa  $t_\alpha$  on riskitasoa  $\alpha$  vastaava luotettavuuskerroin.

Kertoimet on esitetty taulukossa 1. Poikkeaman  $\Delta d$  systemaattinen osa on  $q\mu/\Delta s$  ja satunnainen osa on  $\pm t_\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{q/T}/\Delta s$ .

Vaikka  $\Delta s$  esiintyy poikkeaman nimittäjässä, on poikkeama lä-



hes täysin riippumaton  $\Delta s$ :stä, sillä kun  $S$  on huomattavasti suurempi kuin  $\Delta s$ , niin  $\mu$  ja  $\sigma$  ovat lähes suoraan verrannollisia  $\Delta s$ :ään. Poikkeaman systemaattinen osa on poikkeaman odotusarvo. Se on nolla, kun  $\mu$  on nolla. Poikkeaman satunnainen osa kasvaa liikennemäärän ja hajonnan  $\sigma$  kasvaessa. Havaintojakson pidentäminen puolestaan pienentää poikkeaman satunnaista osaa.

Liikennemäärä on liittymättömällä tieosalla paikan suhteen muuttumaton. Tämän vuoksi ei paikallisesti mitattu liikennemäärä poikkea systemaattisesti aika-tila-liikennemäärästä, vaan poikkeaminen on ainoastaan satunnaista. Oletettaessa, että  $\Delta q$  jakautuu normaalijakauman  $N(0, \sigma)$  mukaisesti, voidaan  $\Delta q$ :lle johtaa varmuusrajat:

$$\begin{aligned} \Delta q &\geq -t_{\alpha} \cdot \sigma \quad \text{ja} \\ \Delta q &\leq +t_{\alpha} \cdot \sigma. \end{aligned} \quad (11)$$

Taulukko 1.  $N(0,1)$ -jakauman luotettavuuskertoimet.

riskitaso	$\alpha$	=	0,10	0,05	0,01	0,001
luotettavuuskerroin	$t_{\alpha}$	=	1,645	1,960	2,576	3,291

### 2.3 Havaintojaksojen muodostamisperiaatteiden vertailu /6/

Jos liikennevirran perussuureiden arvot lasketaan paikallisesti mitatusta aineistosta, pyritään liikennevirta jakamaan havaintojaksoihin, joissa nopeuksien ja aikavälien arvot ovat mahdollisimman muuttumattomia. Parhaimpaan tulokseen päästäisiin, jos liikennevirrasta erotettaisiin ainoastaan todellisia lähes muuttumattomia havaintojaksoja. Tällöin voitaisiin kuitenkin käyttää vain pieni osa havaitusta aineistosta ja muuttumattomien jaksojen etsiminen on työlästä verrattuna menetelmiin, joissa havaintoaineistoa käsitellään systemaattisesti.

Systemaattisia havaintojaksojen muodostamismenetelmiä käytettäessä tulisi saatujen tulosten vastata mahdollisimman hyvin edellä kuvatun menetelmän antamia tuloksia. Tätä me-

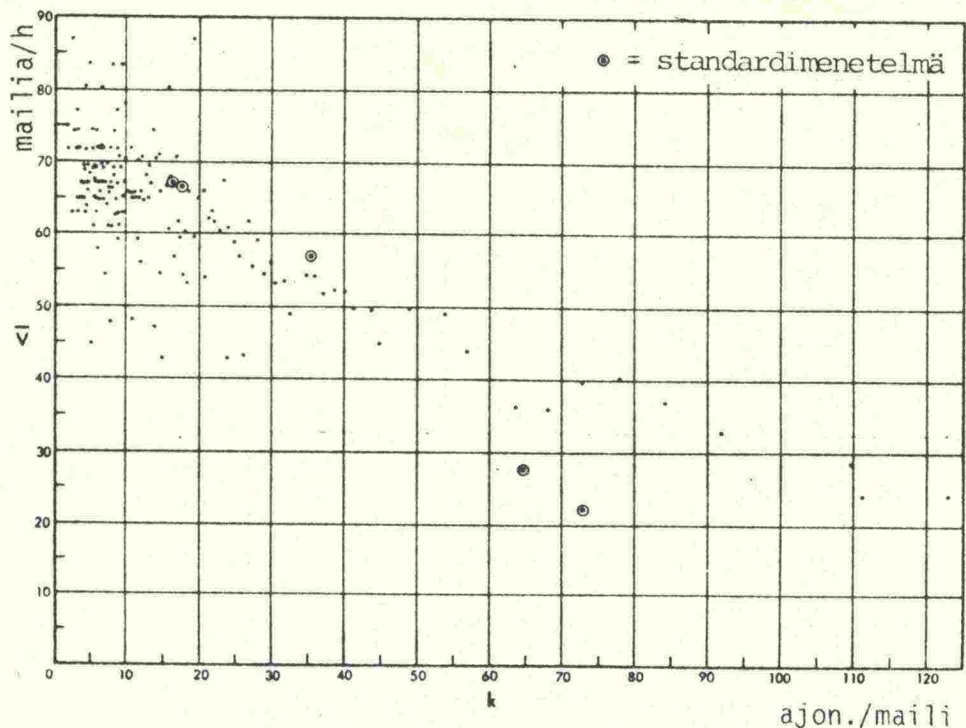


netelmää nimitetään jatkossa standardimenetelmäksi. Seuraavassa verrataan kolmella eri systemaattisella havaintojaksojen muodostamismenetelmällä saatuja pisteistöjä standardimenetelmällä saatuihin pisteistöihin. Tarkasteltavat systemaattiset menetelmät ovat:

- 1) Liikennevirta jaetaan vakio pituisiin  $1/50$  h havaintojaksoihin.
- 2) Liikennevirta jaetaan havaintojaksoihin ajoneuvokohtaisten tiheysarvojen (virtual concentration) perusteella. Ajoneuvokohtainen tiheys lasketaan kaavalla:  $d = 1000 / \text{matkaväli}$ .
- 3) Liikennevirta jaetaan havaintojaksoihin ajoneuvokohtaisten nopeuksien perusteella.

Menetelmillä 2 ja 3 muodostetut havaintojaksot eivät ole ajallisesti yhtenäisiä. Kaikilla menetelmillä jaettiin osavirtoihin sama aineisto, joka oli mitattu Virginiassa 2+2 kaistaisen moottoritien toisella ajoradalla. Osavirroille laskettiin  $q$ ,  $d$  ja  $v$ -arvot. Näistä arvoista muodostettiin kunkin osavirtojen muodostamismenetelmää vastaavat  $q$ - $d$ - ja  $v$ - $d$ -pisteistöt.

Vertailu suoritettiin erikseen kummankin kaistan liikennevirralle sekä koko ajoradan liikennevirralle. Eri systemaattisilla menetelmillä saatuja pisteistöjä verrattiin samasta aineistosta standardimenetelmällä saatuun pisteistöön esittämällä systemaattisella menetelmällä saatu pisteistö samassa koordinaatistossa vastaavaan standardimenetelmän pisteistön kanssa. Esimerkkinä pisteistöjen vertailusta on kuva 2. Yhteenveto vertailujen tuloksista on taulukossa 2.



Kuva 2. v/d-pisteistö ajoneuvokohtaisen tiheyden menetelmällä ja standardimenetelmällä sisäkaistan liikennevirrasta.

Taulukko 2. Systemaattisten menetelmien vertailu standardimenetelmään.

COMPARISON OF METHODS

Plot	Lane	Concentration Range	Methods to Be Validated		
			1 <sub>50</sub> Hour Groupings	Virtual Concentration	Speed
$\bar{v} - k$	1	Low	Agreement	Agreement	Agreement
		High	Agreement	Too high	Agreement
	2	Low	Agreement	Agreement	Agreement
		High	Agreement	Too high	Agreement
	1 and 2 superimposed or added together	Low	Agreement	Agreement	Slightly too steep slope
$q - k$		High	Agreement	Too high	Agreement
	1	Low	Agreement	Agreement	Agreement
		High	Agreement	Too high	Agreement
	2	Low	Agreement	Agreement	Agreement
		High	Agreement	Too high	Agreement
	1 and 2 superimposed or added together	Low	Agreement	Agreement	Slightly too steep slope
		High	Agreement	Too high	Agreement

Menetelmä, jossa aineisto jaettiin 1/50 h jaksoihin, tuottaa kaikissa tapauksissa standardimenetelmään verrattuna tyydyttävän yhtäpitäviä tuloksia. Ajoneuvokohtaiseen tiheyteen perustuva menetelmä vastaa tuloksiltaan standardimenetelmää pienillä tiheyden arvoilla, mutta suurilla tiheyden arvoilla se antaa standardimenetelmään verrattuna erittäin korkeita nopeuden ja liikennemäärän arvoja. Nopeuksien luokitteluun perustuva menetelmä tuottaa standardimenetelmään verrattuna tyydyttäviä tuloksia yhtä kaistaa tarkasteltaessa ja suurilla tiheyksillä tarkasteltaessa koko ajorataa. Mutta



tarkasteltaessa koko ajorataa saadaan alhaisilla tiheyksillä tällä menetelmällä lievästi liian suuri kaltevuus  $v$ - $d$ -käyrälle ja lievästi liian alhainen kaltevuus  $q$ - $d$ -käyrälle.

#### 2.4 Havaintojakson pituuden optimointi

Jos muuttumattomasta liikennevirrasta mitataan useita havaintojaksoja, hajoavat eri jaksoista lasketut arvot  $q_i$ ,  $d_i$  ja  $v_i$  tiettyjen keskiarvojen ympärille satunnaisesti. Hajonta johtuu siitä, että muuttumattomassakin liikennevirrassa nopeudet ja aikavälit vaihtelevat satunnaisesti. Keskiarvot, joiden ympärille eri havaintojaksoista mitatut arvot jakautuvat, ovat niiden odotusarvoja  $/1/$ .

Tarkastellaan ensin havaintojakson pituuden vaikutusta muuttumattomasta liikennevirrasta mitatun keskinopeuden ja sen odotusarvon väliseen poikkeamaan. Oletetaan, että havaintojakson  $T$  aikana mitataan  $M$  ajoneuvon nopeudet, joiden keskiarvo on  $v$  ja varianssi  $\sigma^2$ . Merkitään keskiarvon odotusarvoa  $E\{v|M}$ :llä. Mitatun keskiarvon poikkeama odotusarvosta on

$$e = E\{v|M\} - v. \quad (12)$$

Jos nopeuksien jakauma ei poikkea paljon normaalijakaumasta voidaan  $e$ :lle johtaa lauseke, jonka mukaisen arvon se ylittää vain todennäköisyydellä  $\alpha$   $/1/$ .

$$e = \frac{t_{\alpha} \cdot \sigma}{\sqrt{M}}, \quad (13)$$

jossa  $t_{\alpha}$  on luotettavuuskerroin, joka vastaa riskitasoa  $\alpha$ . Kertoimet on esitetty taulukossa 1.

Yhtälöstä (13) voidaan ratkaista  $M$  eli ajoneuvomäärä, joka havaintojakson  $T$  tulee käsittää, jotta virhe ylittää arvon  $e$  vain todennäköisyydellä  $\alpha$   $/1/$ .

$$M = \left( \frac{t_{\alpha} \cdot \sigma}{e} \right)^2 \quad (14)$$

Jos kaikilta havaintojaksoilta vaadittaisiin sama tarkkuus, tulisi jokaisen jakson käsittää yhtä monta ajoneuvoa. Tällöin havaintojaksot eivät voisi olla yhtä pitkiä. Kun halutaan käyttää yhtä pitkiä havaintojaksoja, niin niiden pi-



tuus tulee määrätä niin suureksi, että ajoneuvojen lukumäärä havaintojaksossa alittaa vain tietyllä pienellä todennäköisyydellä halutun ajoneuvomäärän  $M$ . Oletetaan, että havaintojaksoissa  $T$  havaittu ajoneuvomäärä  $x$  on Poisson-jakautunut. Vaadittaessa, että ajoneuvomäärä  $x$  ajanjaksossa  $T$  on 95 %:n todennäköisyydellä suurempi kuin ajoneuvomäärä  $M$ , niin ajanjakson  $T$  pituudelle voidaan suurella otoksella johtaa lauseke /16/:

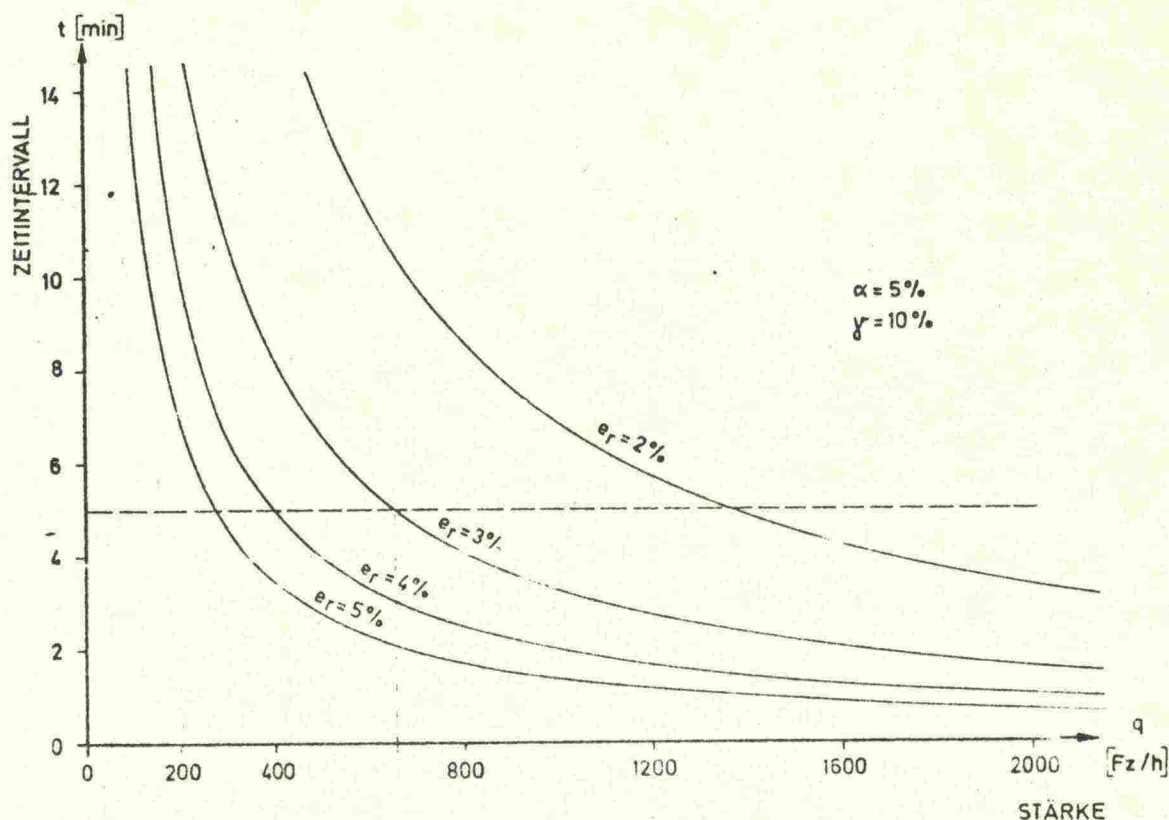
$$T \approx \frac{\frac{t_{\alpha} \cdot \gamma}{e_r} + 0,82}{q}^2, \quad (15)$$

jossa  $e_r$  on suhteellinen virhe  $e/v$  ja  $\gamma$  on variaatiokerroin  $\sigma/v$ . Asetetaan  $\alpha$ :lle arvo 0,05 eli vaaditaan, että havaintojaksossa, jossa ajoneuvojen lukumäärä on  $M$ , suhteellinen virhe on pienempi kuin  $e_r$  95 %:n todennäköisyydellä. Jos lisäksi oletetaan, että variaatiokerroin on 0,10, saadaan  $T$ :lle lauseke /16/:

$$T = \frac{\left(\frac{0,196}{e_r} + 0,82\right)^2}{q}. \quad (16)$$

Lausekkeen hyperbolisuudesta johtuen vaadittu havaintojakson pituus kasvaa voimakkaasti liikennemäärän pienentyessä. Mitattaessa muuttumatonta liikennevirtaa poikkeavat mitatut keskinopeudet sitä vähemmän odotusarvosta mitä pidempää havaintojaksoa käytetään. Kuvassa 3 esitetään yhtälön (16) kuvaajat eri  $e_r$ :n arvoilla.

Oletetaan, että 5 min havaintojaksoilla mitataan liikennevirtaa, jossa liikennemäärä on 650 ajon./h. Tällöin yhtälön (16) ja kuvan 3 mukaan havaintojakson ajoneuvomäärä on 95 %:n todennäköisyydellä suurempi kuin se ajoneuvomäärä, jolla suhteellinen virhe on 5 % todennäköisyydellä suurempi kuin 3 %.

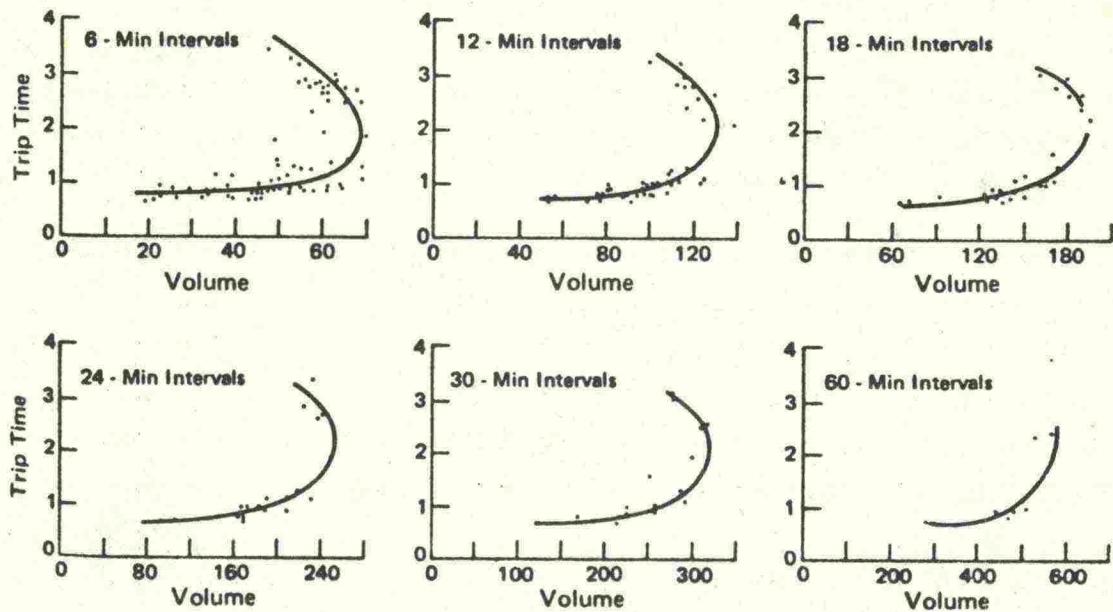


Kuva 3. Havaintojaksolta vaadittava pituus liikennemäärän funktiona, kun

- 1) liikennevirta on muuttumaton
- 2) havaintojaksot ovat samanpituisia
- 3) ajoneuvojen nopeudet ovat normaalijakautuneet
- 4) havaintojaksossa tulee 95 % todennäköisyydellä olla enemmän ajoneuvoja, kuin se ajoneuvomäärä, jolla nopeuden suhteellinen virhe on 5 %:n riskitasolla ( $\alpha = 5\%$ ) suurempi kuin  $e_r$
- 5) nopeuksien variaatiokerroin on 10 % ( $\gamma$ )
- 6) havaintojakson ajoneuvomäärä on Poisson-jakautunut.

Edellä oleva tarkastelu edellytti nopeuksien riippumattomuutta. Todellisuudessa perättäisien ajoneuvojen nopeuksilla on yleensä positiivinen korrelaatio. Tämä suurentaa keskinopeuden todennäköistä virhettä. Toisaalta todellinen liikennevirta on harvoin ajan suhteen täysin muuttumaton. Jos perussuureiden arvot mitataan liikennevirrasta havaintojaksoista, joiden aikana liikennevirrassa tapahtuu muutoksia, ovat saadut arvot muuttuvaa liikennevirtaa kuvaavia keskiarvoja, joiden mukaista tilaa liikennevirrassa ei ole välttämättä esiintynyt. Tämä vaikuttaa perussuureiden väliin malleihin maksimiarvoja pienentävästi. Kuvassa 4 on esimerkki samasta aineistosta eri pituisilla havaintojaksoilla lasketuista  $v/q$ -pisteistöistä ja niitä kuvaavista malleista.





Kuva 4. Havaintojakson pituuden vaikutus v-q-malliin /7/.  
(volume = ajoneuvomäärä/havaintojakso, trip time = matka-aika, joka on kääntäen verrannollinen nopeuteen).

Edellä olevan perusteella on liikennevirtaa kuvaavia pisteistöjä muodostettaessa ja niitä tarkasteltaessa huomattava seuraavat seikat /1/:

- 1) Havaintojaksojen pituuden määrittämisessä vaikuttaa kaksi näkökohtaa. Jos liikennevirta on muuttumaton, tulisi havaintojakson olla mahdollisimman pitkä, jotta hajonnasta aiheutuva virhe olisi mahdollisimman pieni. Käytännössä liikennevirta ei ole muuttumaton, jolloin havaintojakson liiallisen pidentämisen seurauksena saadaan keskiarvoja, jotka eivät kuvaa välttämättä todellista liikennevirtaa. Havaintojakson pituus tulisi optimoida nämä kaksi näkökohtaa huomioon ottaen, kirjallisuudessa ei ole kuitenkaan esitetty tähän yleispätevää menettelyä.
- 2) Liikennevirran peruskuvaajan muoto riippuu havaintojakson pituudesta. Erityisesti maksimiliikennemäärä laskee havaintojakson pidentyessä. Välityskyky tulee siis aina esittää havaintoaikaan sidottuna. Eri olosuhteissa tai eri poikkileikkauksissa määritettyjen peruskuvaajien vertailu on mielekäästä vain, jos ne perustuvat samanpituisiin havaintojaksoihin.

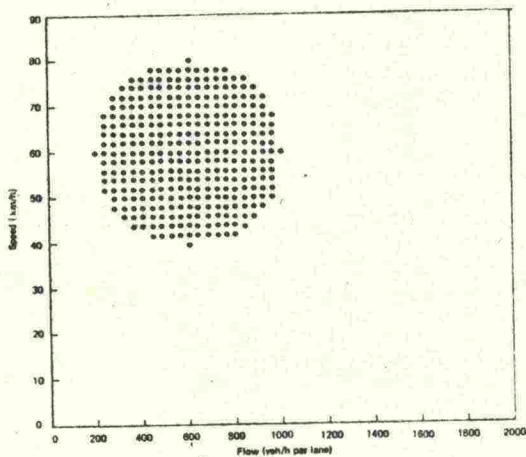


## 2.5 Liikennevirtakuvaajien väliset muunnokset /5/

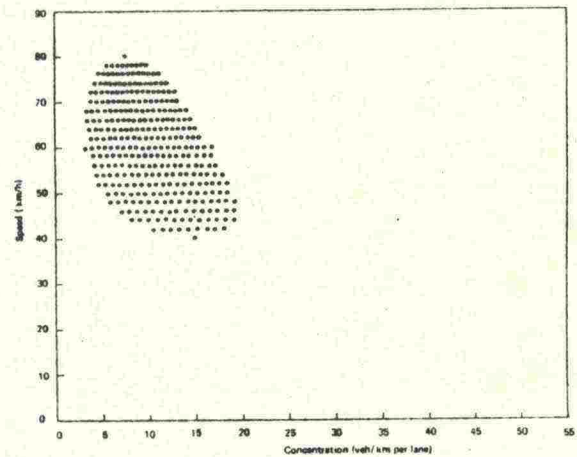
Todellisesta liikennevirrasta mitatuista liikennevirran perussuureiden välisistä pisteistöistä on v-d-pisteistö yleensä muodoltaan selkein. Tämän vuoksi käytetään perussuureiden välisten kuvaajien muodostamisessa usein seuraavaa menetelmää:

- 1) Paikallisesti mitattu v-q-pisteistö muutetaan liikennevirran perusyhtälöä käyttäen v-d-pisteistöksi.
- 2) Sovitetaan jokin yksinkertainen kuvaaja, esim. laskeva suora, saatuun pisteistöön.
- 3) Muunnetaan muodostettu v-d-kuvaaja liikennevirran perusyhtälön avulla v-q- ja q-d-kuvaajaksi.

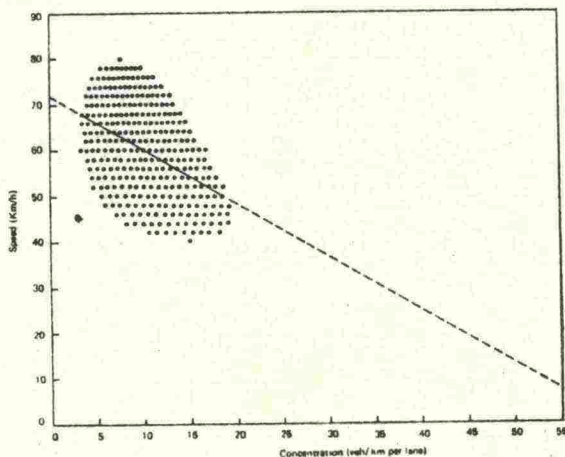
Kuvissa 5 a-b on esitetty pelkistetysti kuinka tämä menetelmä saattaa tuottaa harhaanjohtavia tuloksia. Kuvassa 5a on v-q pisteistö, jossa nopeuden ja liikennemäärän välillä ei



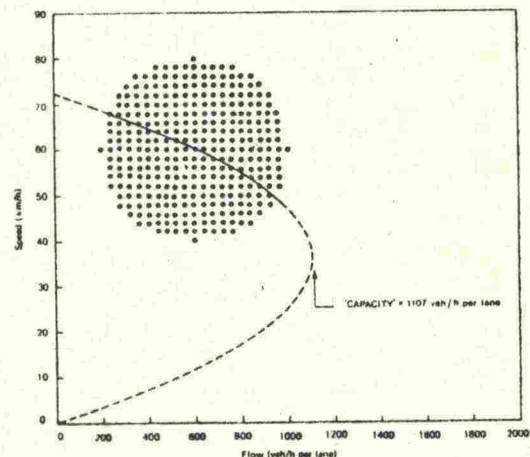
Kuva 5a. Kuviteltu nopeus-liikennemäärä-pisteistö.



Kuva 5b. Vastaava nopeus-tiheys-pisteistö.



Kuva 5c. Nopeus-tiheys-pisteistöön sovitettu lineaarinen kuvaaja.



Kuva 5d. Kuvaaja muutettuna nopeus-liik.määrä kuvaajaksi.

ole korrelaatiota. Mutta kun pisteistö on kuvassa 5b muutettu v-d-pisteistöksi, voidaan siinä havaita selvä korrelaatio. Kuvassa 5c on v-d-pisteistöön sovitettu lineaarinen kuvaaja, joka on kuvassa 5d muunnettu alkuperäisen v-q-suhteen kuvaajaksi. Näin siis muodostettiin nopeus-liikennemäärä-pisteistölle kuvaaja, vaikka nopeus ja liikennemäärä eivät olleet laisinkaan toisistaan riippuvaisia.

Vaikka mitatut nopeus- ja liikennemääräarvot eivät korreloi keskenään, muodostuu nopeuden ja tiheyden sekä liikennemäärän ja tiheyden arvojen välille korrelaatio. Tätä selventää seuraava simulointi, jossa tietokoneella generoitiin ajoneuvoille toisistaan riippumattomat nopeus- ja aikaväliarvot. Ajoneuvoille generoidut nopeudet olivat normaalijakautuneita keskiarvolla 60 km/h ja keskihajonnalla 10 km/h. Generoidut aikavälit jakautuivat siten, että kutakin aikaväliä vastaava liikennemäärä,  $q = 3600/\text{aikaväli}$ , noudatti tasaja-kaumaa välillä 200-1000 ajon./h. Aineisto jaettiin kymmeneen 500 havainnon ryhmään, kullekin ryhmälle laskettiin nopeuden ja liikennemäärän, nopeuden ja tiheyden sekä liikennemäärän ja tiheyden väliset korrelaatiot. Tulokset on esitetty taulukossa 3. Ne osoittavat, että toisistaan riippumattomat nopeus- ja liikennemääräarvot tuottavat nopeuden ja tiheyden välille keskimäärin korrelaation -0,405 sekä liikennemäärän ja tiheyden välille keskimääräisen korrelaation 0,809. Tämä on ymmärrettävää, sillä v:n ja d:n välinen korrelaatiokerroin mittaa itse asiassa korrelaatiota v:n ja q/v:n välillä sekä vastaavasti q:n ja d:n välinen korrelaatiokerroin mittaa korrelaatiota q:n ja q/v:n välillä.

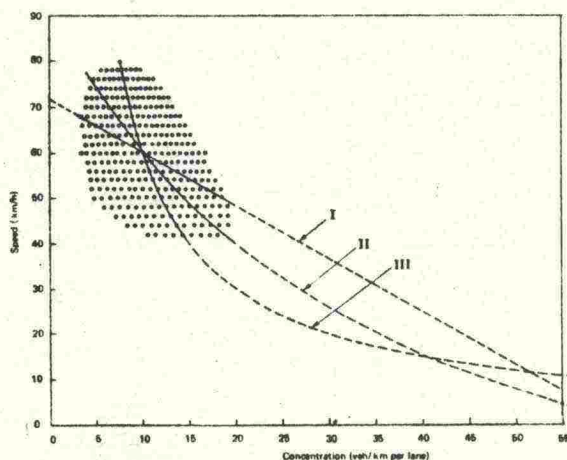
Taulukko 3. Perussuureiden väliset korrelaatiokertoimet, kun nopeus ja liikennemäärä ovat toisistaan riippumattomia.

	Mean speed (km/h) V	Mean flow (veh/h/lane) Q	Mean concentration (veh/km/lane) C	Correlation coefficient for:		
				Speed/flow $r_{vq}$	Speed/concentration $r_{vc}$	Flow/concentration $r_{q-}$
1	60.3	605	10.3	0.012	-0.384	0.898
2	60.1	599	10.3	-0.067	-0.434	0.912
3	60.6	592	10.0	0.088	-0.329	0.895
4	60.1	623	10.7	-0.033	-0.461	0.880
5	60.2	595	10.2	0.004	-0.408	0.892
6	59.4	594	10.3	-0.023	-0.449	0.880
7	59.8	609	10.5	-0.044	-0.419	0.910
8	59.6	624	10.8	0.013	-0.426	0.877
9	60.1	607	10.4	0.112	-0.361	0.859
10	59.7	597	10.3	0.046	-0.376	0.887
Average	60.0	605	10.4	0.011	-0.405	0.889

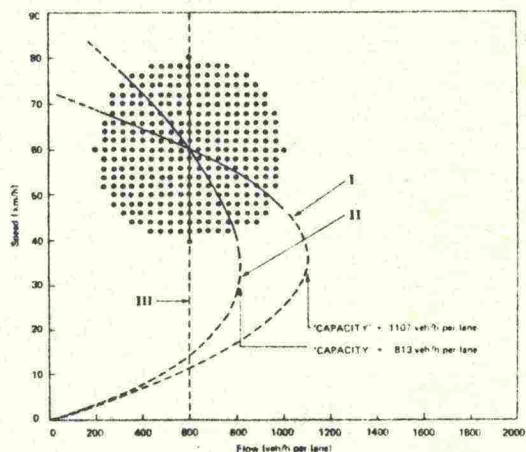


Muodostettaessa v-q-kuvaaja v-d-kuvaajasta on myös huomattava kuvissa 6a ja b esitetty seikka. Kuvassa 6a on kolme erilaista v-d-pisteistöön sovitettua kuvaajaa, jotka näyttävät kaikki sopivan hyvin pisteistöön. (Kuvaaja I = suora, II = suorakulmainen hyperbeli ja III = muunnettuakselinen suorakulmainen hyperbeli). Kuvassa 6b on nämä kolme kuvaajaa muutettu v-q-kuvaajiksi, saadut v-q-kuvaajat poikkeavat huomattavasti toisistaan. Pienet muutokset v-d-kuvaajan muodossa aiheuttavat siis huomattavia muutoksia v-q-kuvaajaan.

Edellä esitetystä huomataan, ettei v-q-kuvaajaa eikä sen tilastollista merkitystä voida johtaa v-d-kuvaajasta ellei pisteistö kata laajaa arvoaluetta. Kuvaamalla kaikki perussuureiden väliset riippuvuudet v-d-kuvaajista johdetuilla kuvaajilla vältetään kuvaajien sovittaminen pisteistöihin, joissa hajonta on suuri. Saadut tulokset voivat kuitenkin olla harhaan johtavia. Varmemmin todellisten riippuvuuksien kuvaajia saadaan muodostamalla kuvaajat suoraan kuvattavien riippuvuuksien pisteistöille. Tällöin tulee pisteistön kuvata myös ruuhkautunutta liikennevirtaa, jotta pystytään määrittämään kyllin tarkasti kuvaajan muoto taitekohdassa.



Kuva 6a. Kolme erilaista v-d-kuvaajaa.



Kuva 6b. Edellisistä johdetut v-q-kuvaajat.



### 3. SÄÄN VAIKUTUS LIIKENNEVIRTAAN

#### 3.1 TRRL:n tutkimus sumun vaikutuksesta keskinopeuteen ja aikaväleihin /8,9/

##### 3.11 Tutkimuksen tavoitteet ja koejärjestelyt

Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään:

- 1) Mille tasolle näkyvyyden tulee laskea, ennen kuin näkyvyys vaikuttaa liikenteen käyttäytymiseen.
- 2) Kuinka liikenteen nopeus ja aikavälit muuttuvat näkyvyyden huonontuessa.

Tutkimuksessa käytettiin Englannissa moottoritieellä M4 joulukuun 1977 ja helmikuun 1978 välisenä aikana koottuja havaintoja. Näkyvyyttä estimoitiin sumuilmaisinta käyttäen. Liikennevirtamittaukset tehtiin sumuilmaisimesta 200 m liikenteen alavirtaan kahdella peräkkäisellä ilmaisinsilmukalla. Ajoneuvojen pituudet, nopeudet ja nettoaikavälit mitattiin kaistoittain. Tulokset talletettiin magneettinauhalle myöhemmin tapahtuvaa tietokonekäsittelyä varten.

##### 3.12 Ajoneuvojen näkyvyys sumussa

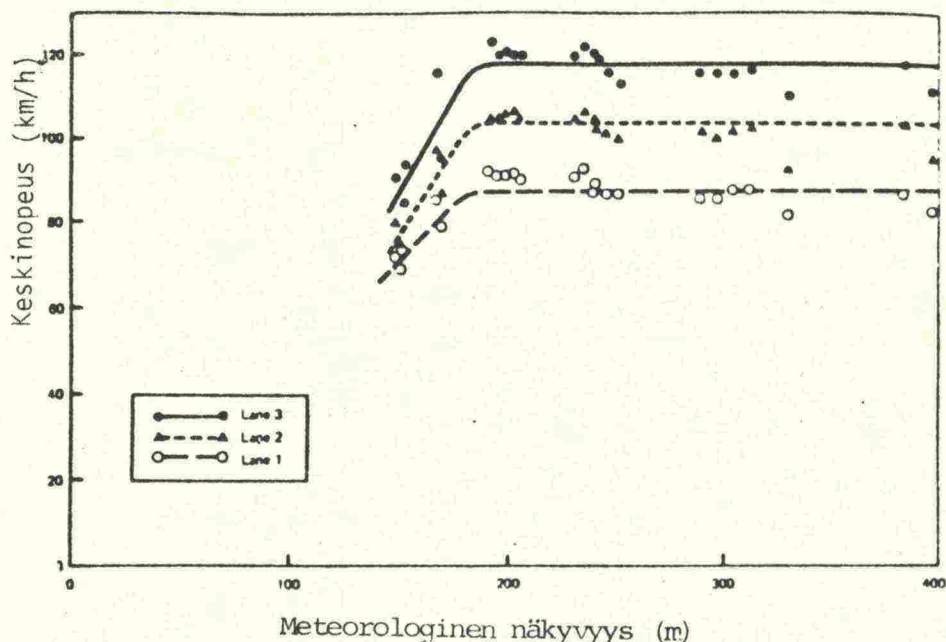
Ajoneuvojen näkyvyys sumussa alenee kahdesta syystä:

- 1) Sumun aiheuttaneet vesi- tai jäähiukkaset aiheuttavat hajontaa kohteesta lähtevään valoon, joten silmään kohteesta tuleva valomäärä pienenee.
- 2) Muista kohteista hajoaa valoa, joka aiheuttaa valohunnun, jonka läpi kohteen tulee näkyä. Näin kohteen ja taustan kontrasti alenee ja värierot pienenevät, jolloin kohteen näkyvyys huononee.

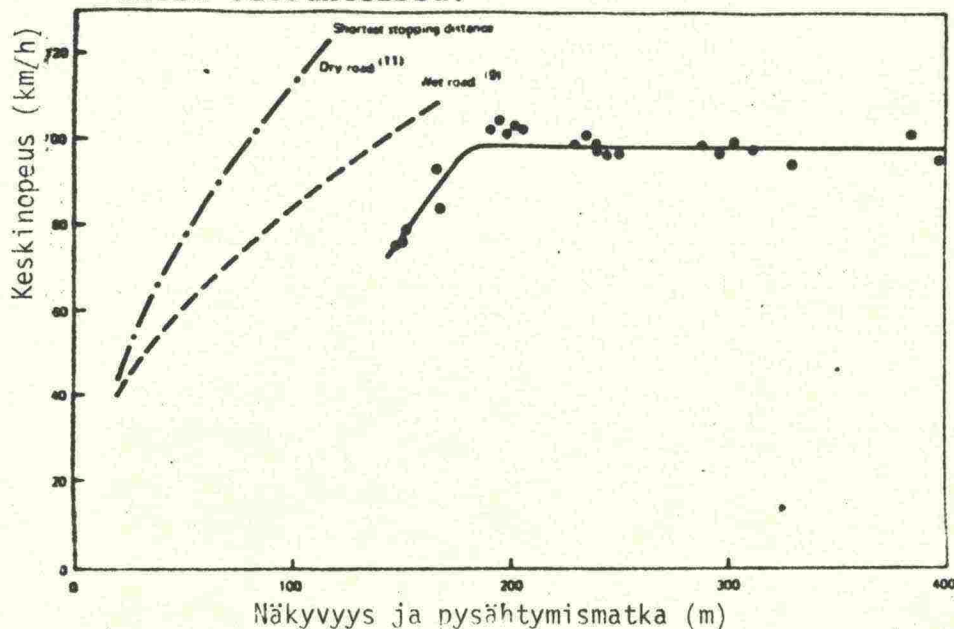
Tutkimuksessa näkyvyyttä arvioitiin sumun voimakkuuteen kääntäen verrannollisella meteorologisella näkyvyydellä MVR (meteorological visual range). Tämä kuvaa näkyvyyttä melko hyvin valoisissa olosuhteissa. Pimeällä näkyvydessä on ajoneuvokohtaisia eroja, koska eri ajoneuvojen ajovalojen ja takavalojen voimakkuudet poikkeavat jonkin verran toisistaan.

### 3.13 Sumun vaikutus keskinopeuteen

Kuvassa 7 on esitetty kaistoittain liikennevirran keskinopeuden riippuvuus meteorologisesta näkyvyydestä valoisissa olosuhteissa ja kuvassa 8 on koko ajoradan keskinopeuden vastaava riippuvuus. Lisäksi kuvassa 8 on esitetty vaadittava pysähtymismatka nopeuden funktiona sekä kuivalla että märällä ajoradalla. Kuvassa 9 on pimeällä koko ajoradan keskinopeuden riippuvuus meteorologisesta näkyvyydestä. Kaikki kuvien 7-9 käyrät on piirretty silmämääräisesti.

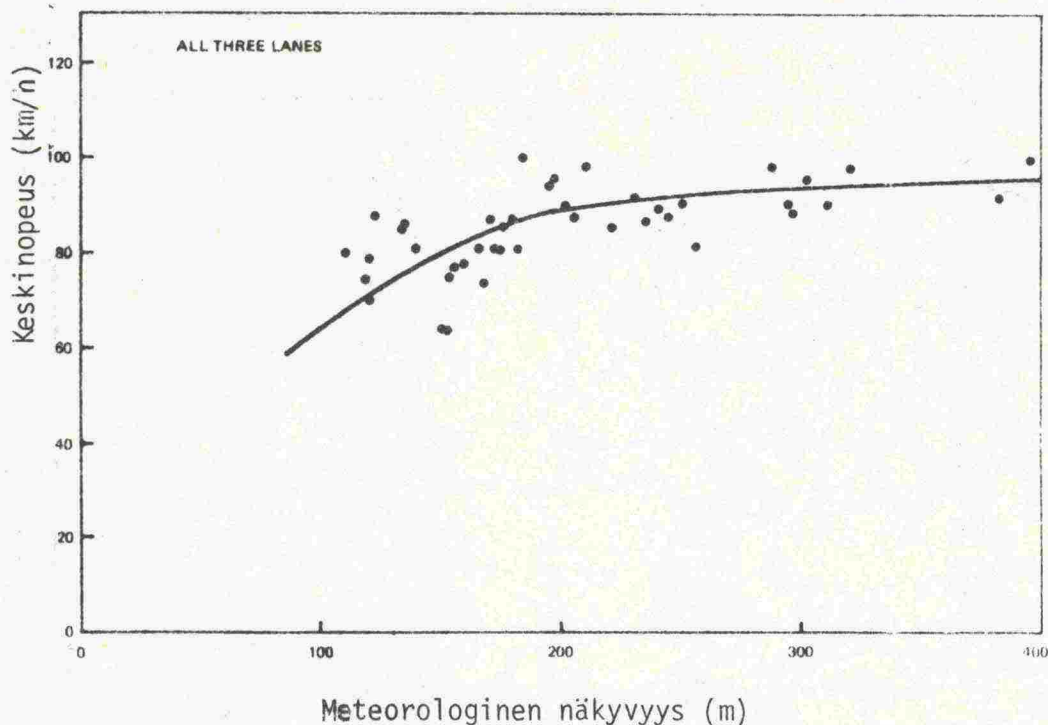


Kuva 7. Kaistoittain liikennevirtojen keskinopeuksien riippuvuus meteorologisesta näkyvyydestä valoisissa olosuhteissa.



Kuva 8. Keskinopeuden riippuvuus näkyvyydestä valoisassa sekä nopeuksia vastaavat pysähtymismatkat kuivalla ja märällä tienpinnalla.



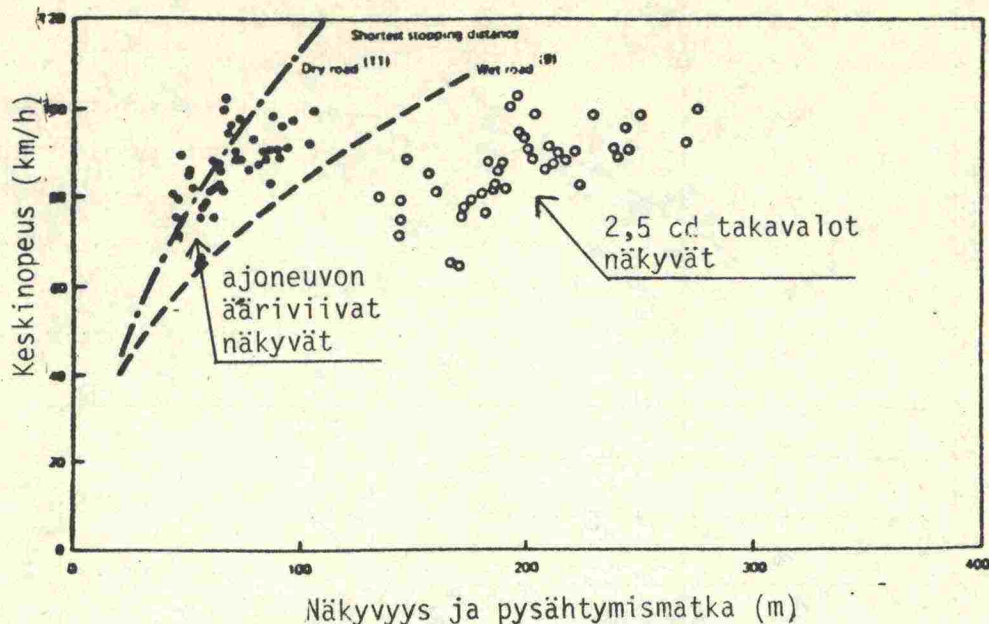


Kuva 9. Koko ajoradan keskinopeuden riippuvuus meteorologisesta näkyvyydestä pimeällä.

Kuvista 7 ja 8 ilmenee, että päivällä nopeuden ja näkyvyyden välinen riippuvuus on selväpiirteinen. Kun näkyvyys (päivällä MVR = näkyvyys) on yli 200 m, ei sillä ole vaikutusta nopeuksiin. Sen sijaan näkyvyyden pienentyessä alle 200 m laskevat nopeudet selvästi noudattaen suoraviivaista trendiä.

Pimeällä MVR:a ei voida suoraan tulkita näkyvyydeksi. Kuvassa 10 on kaksi pistejoukkoa yöllä tehdyistä havainnoista, jotka kuvaavat nopeuksien riippuvuutta näkyvyydestä. Toisessa näkyvyys on oletettu etäisyydeksi, jolta ajaja pystyy juuri erottamaan pitkiä ajovaloja käytettäessä edellä ajavan ajoneuvon ääriiviivat. Toisessa näkyvyys oletetaan etäisyydeksi, jolta lähivaloilla ajettaessa erotetaan 2,5 candelan takavalot. Liikenteen käyttäytyminen yöllä on samankaltaista kuin päivällä, jos näkyvyyttä pidetään jälkimmäisen määritelmän mukaisena. Tällöin keskinopeutta vastaavat pysähtymismatkat sisältyvät näkyvyyteen.





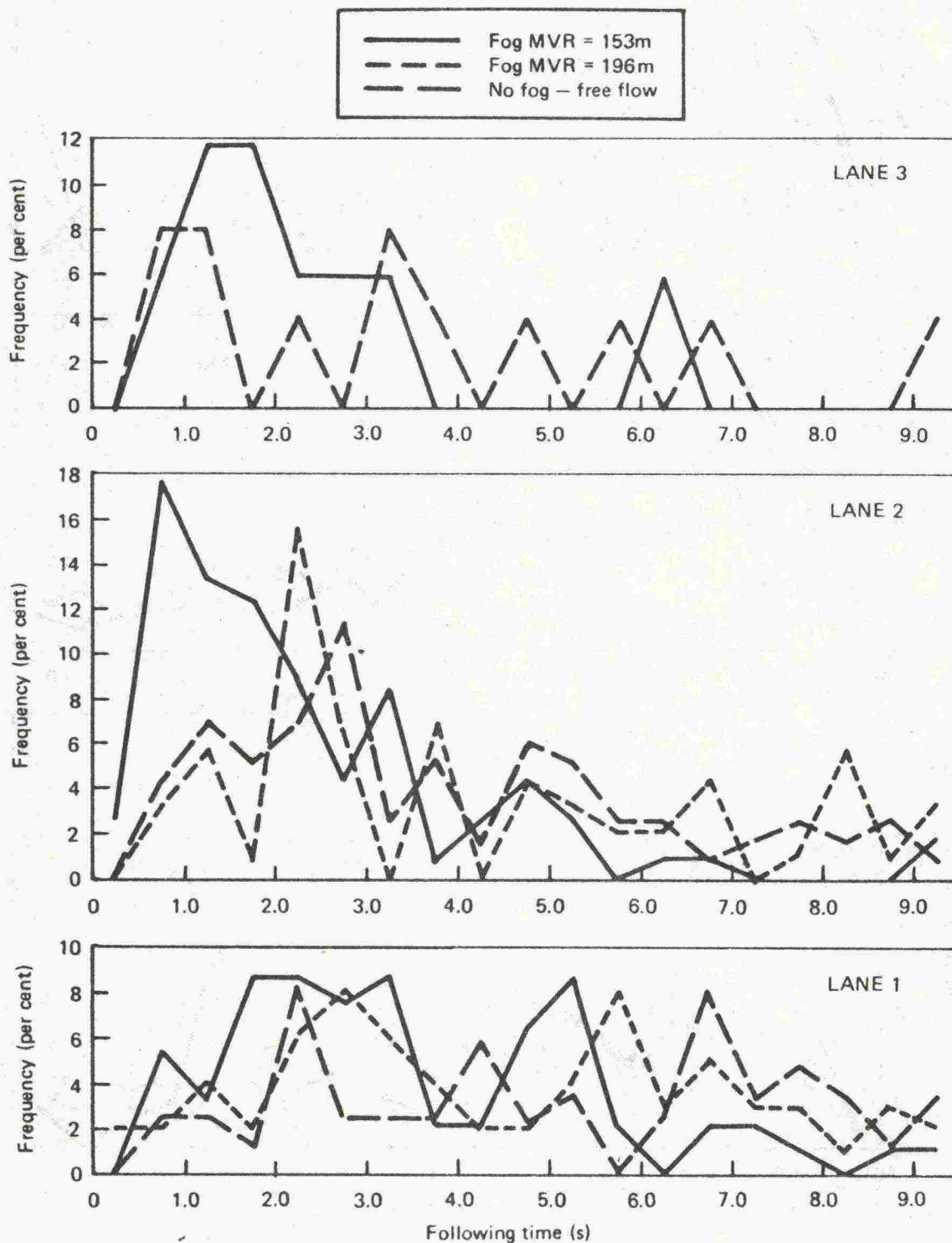
Kuva 10. Koko ajoradan keskinopeuden riippuvuus näkyvyydestä (kaksi eri näkyvyyden tulkintaa) sekä jarrutusmatkat eri nopeuksilla.

### 3.14 Sumun vaikutus aikaväleihin

Aikavälihavainnot analysoitiin siten, että nettoaikavälijakaumat laskettiin kaistoittain 0,5 sek luokkavälein. Vertailukelpoisten tulosten saamiseksi otettiin huomioon vain mittaukset, joiden aikana liikennemäärä oli n. 1000 ajon./h. Jakaumat laskettiin erikseen valoisassa ja pimeässä tehdyille aikavälihavainnoille olosuhteissa, joissa ei esiintynyt sumua, MVR oli n. 200 m ja MVR oli n. 150 m. Aikavälijakaumat on esitetty kuvissa 11 ja 12.

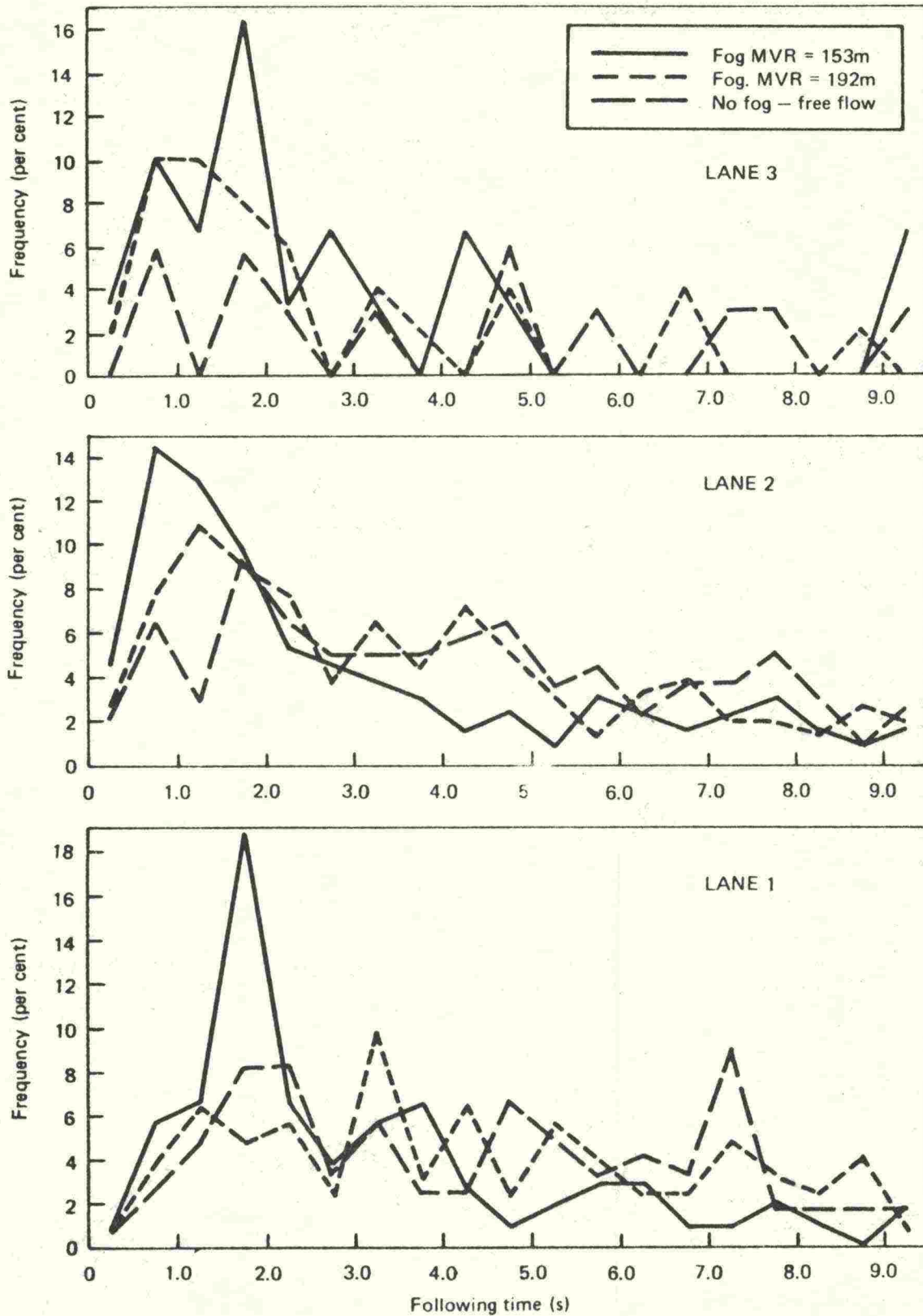
Tuloksista ilmenee, että n. 30 % aikaväleistä on sekä päivällä että yöllä alle 2 sek, kun MVR on 150 m. Tämä osuus on n. 2,5-kertainen verrattuna vastaavaan osuuteen hyvissä olosuhteissa. Pienten aikavälien suurta osuutta ei selitä se, että sumussa olisi pakko ajaa lähellä edellä ajavaa näköyhteyden ylläpitämiseksi. MVR:n ollessa 150 m voidaan ajoneuvon ääriiivat nähdä yöllä 55 m päähän. Näissä olosuhteissa esim. 2. kaitan keskinopeus oli n. 60 km/h, jolloin 55 m välimatka edellä ajavaan vastaisi n. 3,3 sek. aikaväliä. Takavalot voidaan havaita em. olosuhteissa kolminkertaiselta etäisyydeltä, joka

60 km/h nopeutta käytettäessä vastaa n. 11 sek aikäväliä. Kuva 12 osoittaa, että yleisin aikaväli 2. kaistalla oli näissä olosuhteissa kuitenkin n. 0,75 sek, joka vastaa alle 13 m nettomatka-aväliä.



Kuva 11. Aikavälijakaumat päivällä eri meteorologisilla näkyvyyksillä. Ajoin liikennemäärä kaikissa tapauksissa n. 1000 ajon./h.





Kuva 12. Aikavälijakaumat yöllä eri meteorologisilla näkyvyyksillä. Ajoin liikennemäärä kaikissa tapauksissa n. 1000 ajon./h.



### 3.2 Kesä- ja talviolosuhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu /13/

Hokkaidon yliopiston tutkimuksessa muodostettiin kaksikaistaisen tien liikennevirtaa kesä- ja talviolosuhteissa kuvaavat epälineaariset liikennevirtakuvaajat. Maastomittaukset tehtiin suoralla tieosalla Shinorossa tiellä n:o 231. Vain toisen ajosuunnan liikennevirtaa mitattiin, mittausajat olivat klo 7.00-10.00 ja 13.00-16.00. Mitattaessa kesällä ajorata oli kuiva ja mitattaessa talvella ajorata oli luminen ja jäinen. Ilmaisinsilmukoiden välimatka oli 30 m.

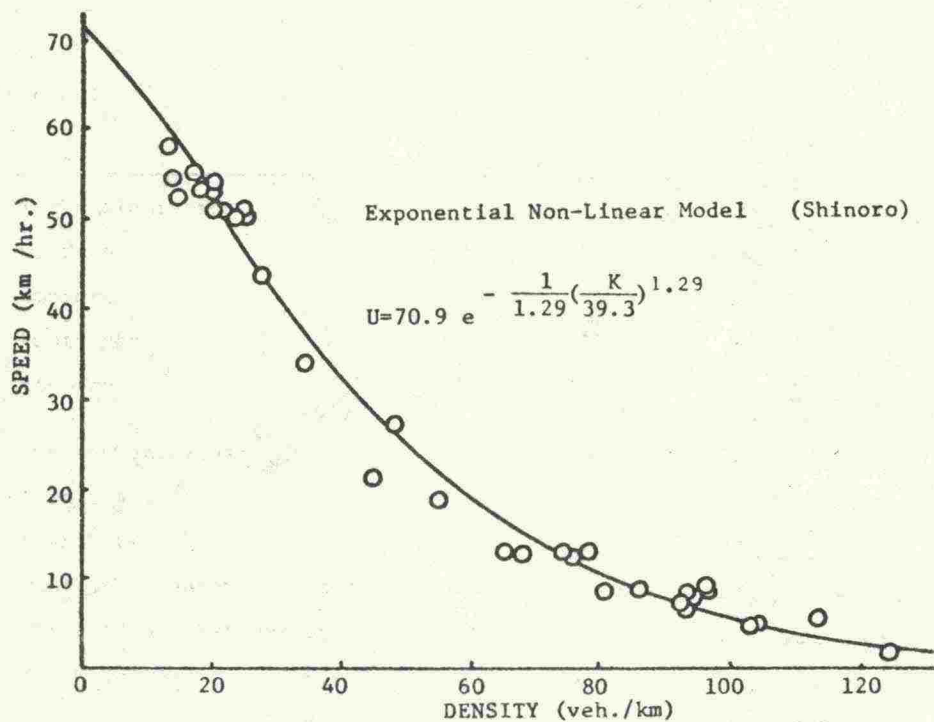
Liikennevirran perussuureiden väliset pisteistöt muodostettiin siten, että jokaisen piste vastasi 5 min havaintojaksoa. Kesäolosuhteiden liikennetiheys-keskinopeus-pisteistöön sovitettiin perusmuodoltaan 7 erilaista kuvaajaa, joista epälineaarilla eksponenttialisella kuvaajalla oli poikkeamien neliösumma pienin, joten se valittiin kuvaajaksi, jota käytettiin kesä- ja talviolosuhteiden liikennevirtoja verrattaessa. Kesäolosuhteiden d-v-kuvaaja on kuvassa 13 ja vastaava talviolosuhteiden kuvaaja on kuvassa 14. Taulukossa 4 on vertailtu näitä kuvaajia. Kuvissa 15 ja 16 on esitetty d-v-kuvaajista muunnetut kesä- ja talviolosuhteiden d-q-kuvaajat.

Kuvaajien tarkastelussa saatiin seuraavat tulokset:

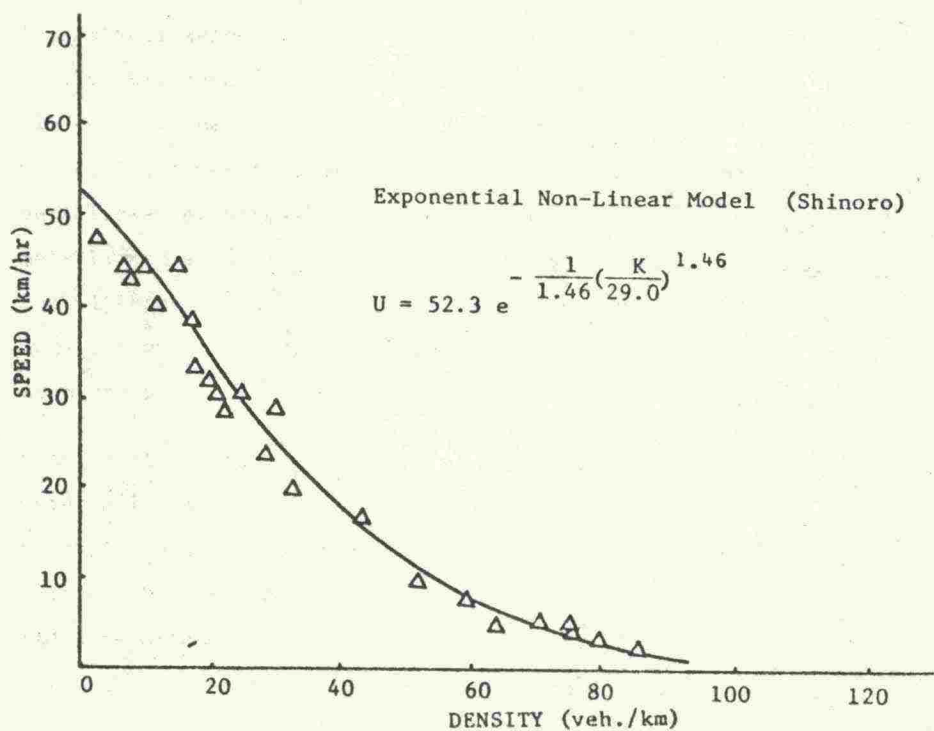
- 1) Kesällä kaksikaistaisen tien yhden kaistan kapasiteetti oli 1285 ajon./h, joka laskee talviolosuhteissa 765 ajon./h.
- 2) Suurin syy kapasiteetin alanemiseen talvella oli luminen ja jäinen tienpinta, jolla kitkakerroin oli 0,1-0,3. Tällöin ajajat joutuivat pitämään suurempia aikavälejä ja ajamaan alhaisemmilla nopeuksilla kuin kesäolosuhteissa.
- 3) Kriittinen nopeus ja kriittinen tiheys laskivat n. 20 % kesäolosuhteisiin verrattuna.

Taulukko 4. Kesä- ja talviolosuhteiden epälineaaristen eksponentiaalisten kuvaajien vertailu.

Season	Equation	Critical Density $K_c (\frac{veh}{km})$	Critical Speed $U_c (\frac{km}{hr})$	Lane Capacity $Q_c (\frac{veh}{hr})$	Free Speed $U_f (\frac{km}{hr})$	Jam Density $K_j (\frac{veh}{hr})$
Summer	$U = 70.9 e^{-\frac{1}{1.29}(\frac{K}{39.3})^{1.29}}$	39.3	32.7	1285	70.9	
Winter	$U = 52.3 e^{-\frac{1}{1.46}(\frac{K}{29.0})^{1.46}}$	29.0	26.4	765	52.3	

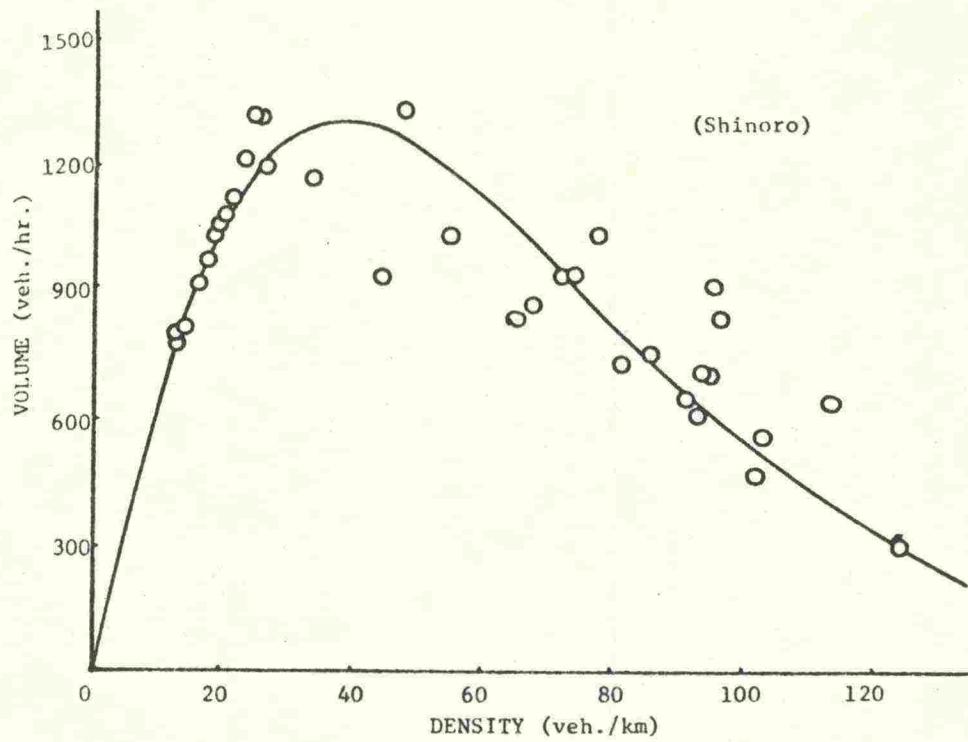


Kuva 13. Kesäolosuhteiden liikennetiheys-keskinopeus-kuvaaja.

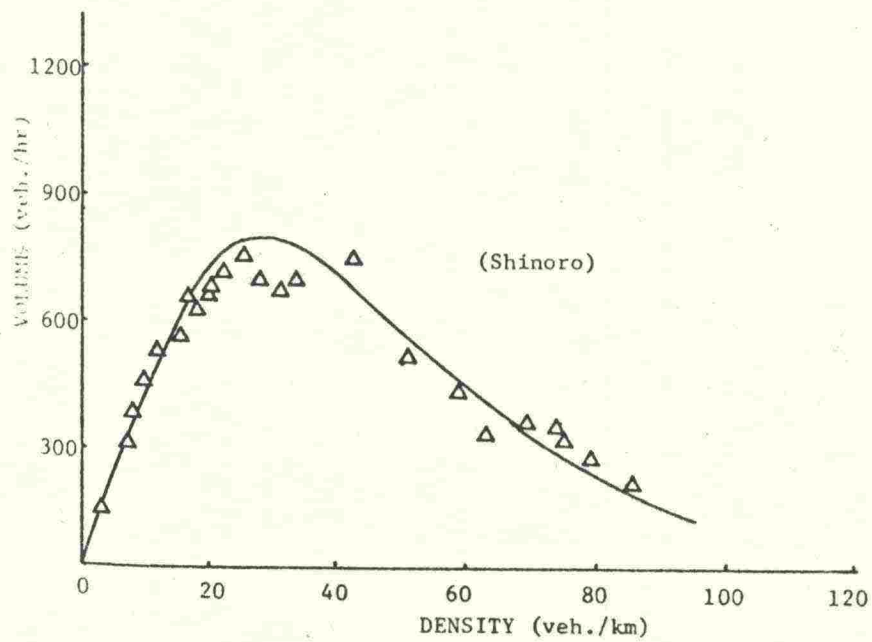


Kuva 14. Talviolosuhteiden liikennetiheys-keskinopeus-kuvaaja.





Kuva 15. Kesäolosuhteiden liikennemäärä-liikennetiheyskuvaaja.



Kuva 16. Talviolosuhteiden liikennemäärä-liikennetiheyskuvaaja.

### 3.3 Sääolosuhteiden vaikutus nopeuteen

Vuosina 1973-76 Suomessa tehdyssä nopeusrajoitustutkimuksessa tutkittiin mm. sääolosuhteiden vaikutusta pistenopeuksiin. Sääolosuhteita kuvattiin liikennesääindeksillä, jonka arvo vaihteli ihanteellisien olosuhteiden arvosta 4 huonimpien mahdollisten olosuhteiden arvoon 15. Nopeuksia mitattiin liikennetutkalla eri puolella Suomea kaikkiaan n. 80 pisteessä. Mittauksia tehtiin nopeusrajoituksen suhteen kolmessa erilaisessa tilanteessa: nopeuden ollessa vapaa, yleisen 80 km/h kattoonopeuden ollessa voimassa ja tiekohtaisten rajoitusten ollessa voimassa.

Nopeudet ja niiden hajonnat alenevat sääolosuhteiden heikentyessä. Hyvissä sääolosuhteissa (4...6) nopeusjakauman yläpään nopeudet olivat keskimäärin rajoitusaikana vapaan nopeuden arvojen alapuolella. Kohtalaisissa sääoloissa (6...10) tiekohtaisten rajoitusten aikaiset 85 %-pisteen nopeusarvot olivat lähellä vapaan nopeuden aikaisia ja huonon sään vallitessa (10...15) rajoitusaikaiset arvot saattavat eräissä tapauksissa kohota vapaan nopeuden arvojen yläpuolelle. Nopeusjakauman alimmat nopeudet olivat kohonneet selvästi vapaaseen nopeuteen verrattuna, kun säätila oli heikko. Kuljettajat eivät ilmeisesti nopeusrajoituksen voimassa ollessa huonon sään aikana alenna nopeuttaan vastaavasti kuin nopeuden ollessa vapaa vaan ajavat rajoitusten mukaan /12/.

Lähteen /10/ mukaan vapaiden henkilöautojen nopeudet ovat talvisissa huonoissa sää- ja keliolosuhteissa 4-7 km/h alempia kuin hyvissä olosuhteissa. Olosuhteet vaikuttavat vähiten nopeusjakauman suurimpiin nopeuksiin eli suuria nopeuksia käyttävät kuljettajat sopeuttavat nopeuksiaan vähiten olosuhteiden mukaan. Talviolosuhteissa välittömästi hiekotuksen jälkeen nopeudet ovat lähteen /17/ mukaan keskimäärin 2-3 km/h suurempia kuin ennen hiekoitusta.



4. NOPEUSRAJOITUSTEN VAIKUTUS LIIKENNEVIRTAAN  
Tutkimus vaihtuvista nopeusrajoituksista Salzburg-  
München moottoritieellä /4/, /16/

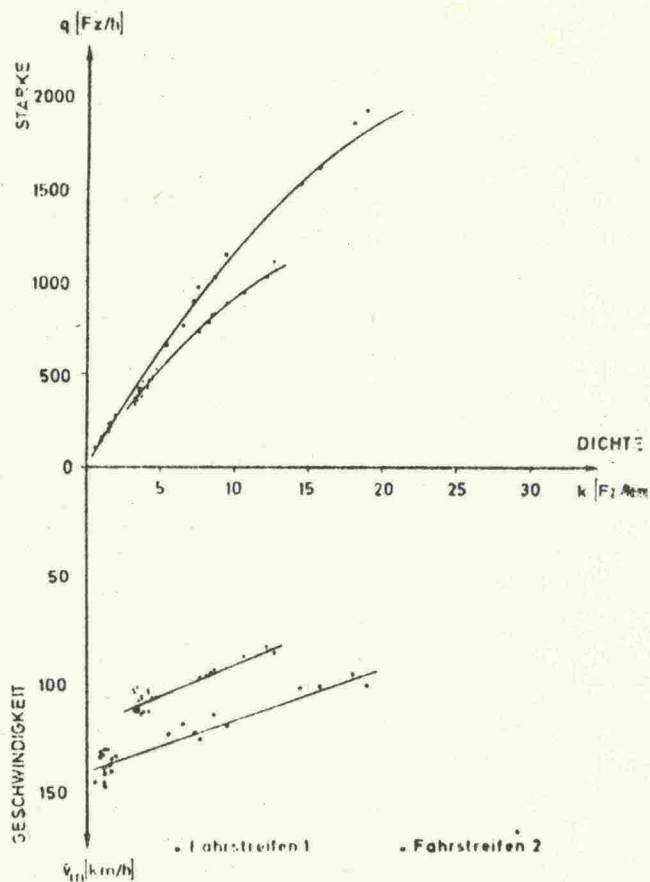
4.1 Maastohavainnot ja havaintojen käsittely

Salzburg-München moottoritien Müncheniin johtavan ajoradan 30 viimeiselle kilometrille asennettiin v. 1965 laitteet, joilla voidaan mm. vaihtaa tien nopeusrajoitusta. Laitteita on 2 km välein kaksikaistaisen ajoradan molemmilla puolilla. Ajoradalla voi olla vapaa nopeus tai 100, 80 tai 60 km/h nopeusrajoitus. Nopeusrajoitukset toteutetaan ajallisesti ja paikallisesti porrastetusti siten, että tultessa esim. 60 km/h nopeusrajoitusalueelle jokainen ajoneuvo ohittaa nopeusrajoitukset 100-80-60 km/h. Näin vältetään suurista nopeusrajoituseroista aiheutuva peräänajovaara. Nopeusrajoitusta 60 km/h käytetään vain poikkeustapauksissa. Nopeusrajoitus säädetään laitteisiin poliisin ohjauskeskuksesta, jossa voidaan seurata liikennetilannetta tieosalle sijoitettujen tv-kameroiden avulla.

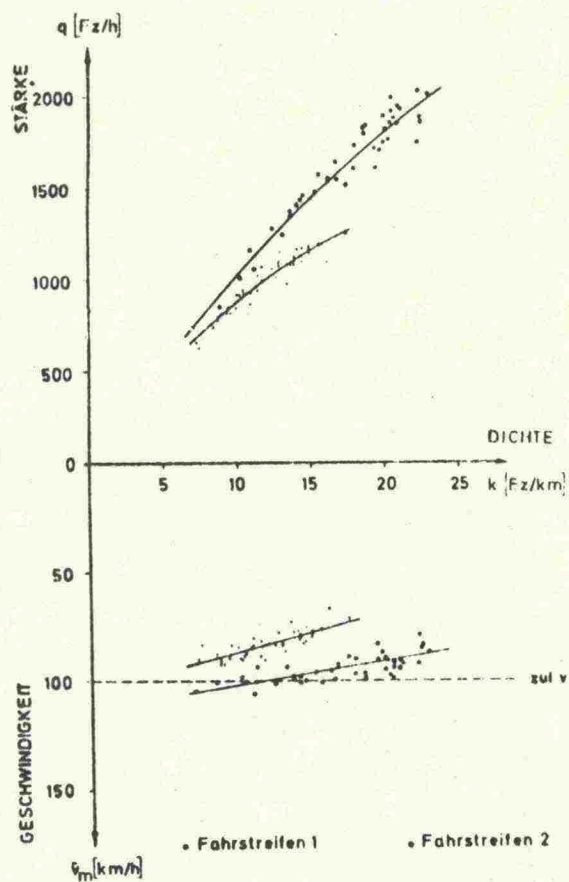
Vuosina 1967-70 kyseisellä tieosalla tutkittiin nopeusrajoitusten vaikutusta liikennevirtaan. Lokakuussa 1967 ja huhtikuussa 1968 mitattiin kaikkiaan n. 90 000 ajoneuvon nopeus ja aikavälit. Mittauspiste sijaitsi 600 m nopeusrajoituslaitteen jälkeen. Mitattaessa tiellä oli vapaa nopeus tai 100 tai 80 km/h nopeusrajoitus. Osa mittauksista suoritettiin Salzburgiin johtavalla ajoradalla, jolla nopeus oli aina vapaa.

Mittaukset jaettiin ryhmiin ajosuunnan, vuorokaudenajan ja sallitun nopeuden mukaan. Kunkin mittausryhmän havainnoista muodostettiin kaistoittain d-q- ja d-v-kuvaajat. Kuvaajat muodostettiin pisteistöihin, joissa jokainen piste vastasi 5 min havaintojaksoa. Varsinainen sovitus tehtiin ainoastaan d-v-pisteistöön, jolloin kuvaajan perusmuotona käytettiin suoraa. Saadut d-v-kuvaajat muunnettiin d-q-kuvaajiksi. Kuvissa 17-22 on esitetty eräiden mittausryhmien liikennevirtakuvaajat. Lisäksi tutkittiin mm. eri mittausryhmien aikavälijakaumia.

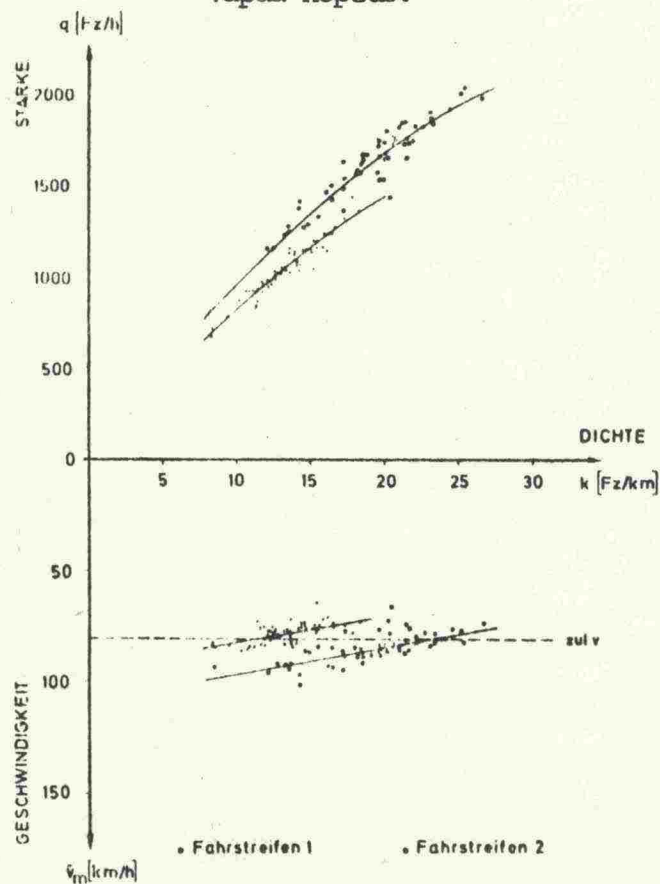




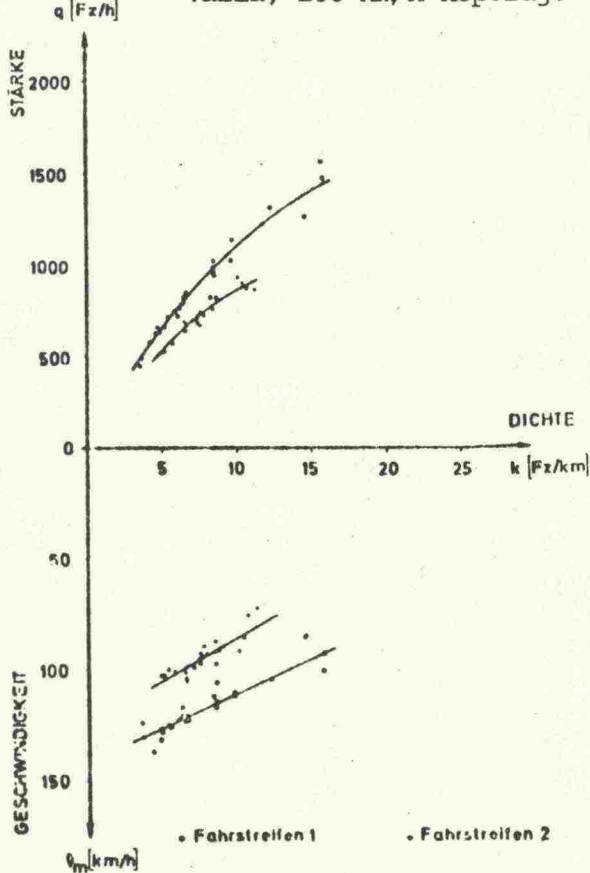
Kuva 17. Münchenin suunta päivällä, vapaa nopeus.



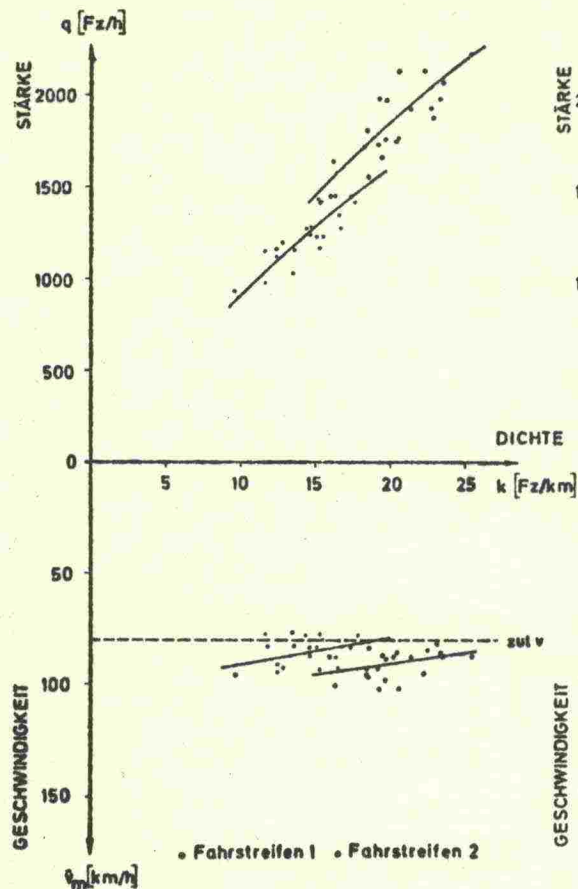
Kuva 18. Münchenin suunta päivällä, 100 km/h nop.raj.



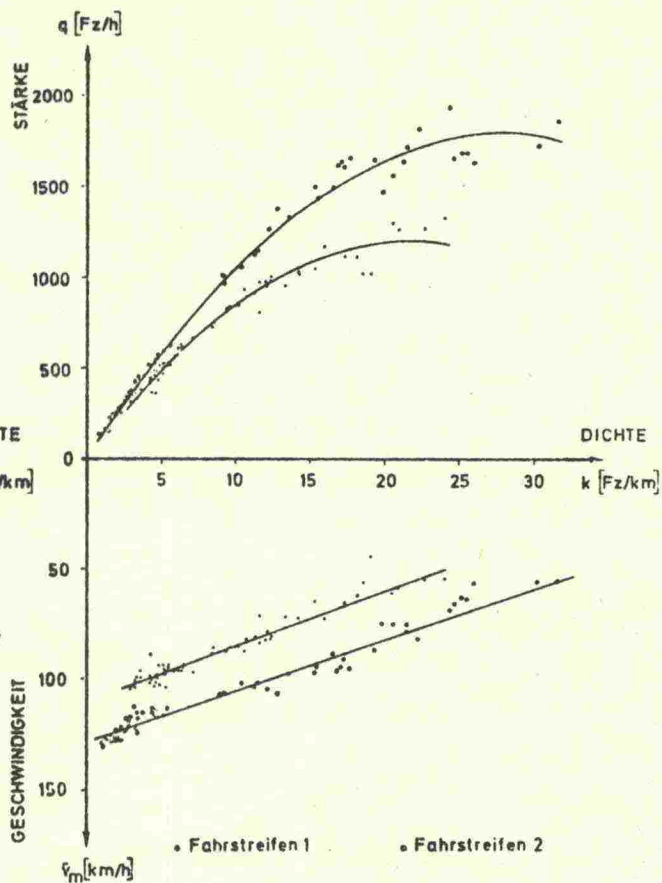
Kuva 19. Münchenin suunta päivällä, 80 km/h nop.rajoitus.



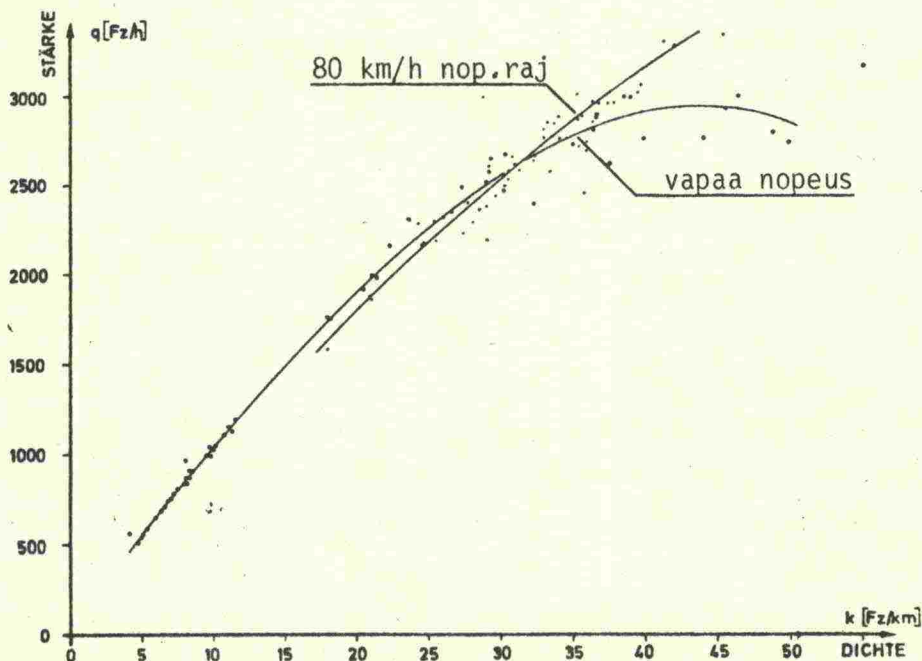
Kuva 20. Münchenin suunta yöllä, vapaa nopeus.



Kuva 21. Münchenin suunta yöllä, 80 km/h nop.rajoitus.



Kuva 22. Salzburgin suunta päivällä, vapaa nopeus.



Kuva 23. Vapaan nopeuden ja 80 km/h nopeusrajoituksen d/q-mallien vertailu.



#### 4.2 Tulokset

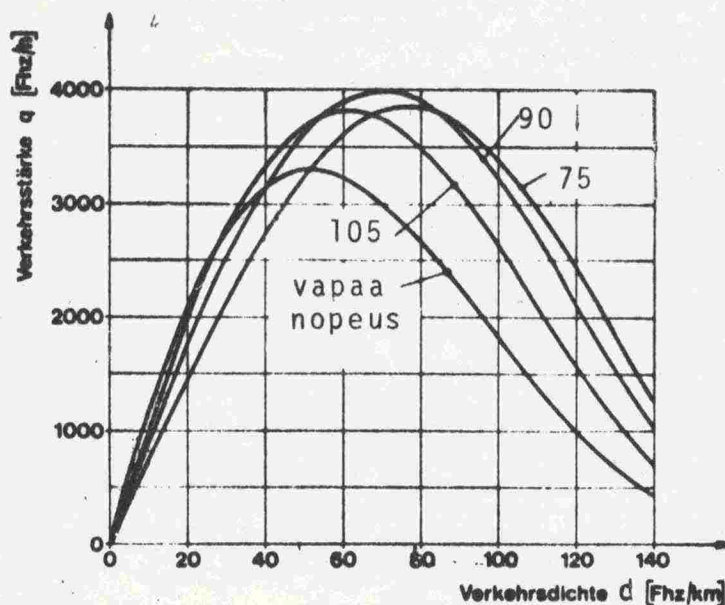
Nopeusrajoituksen 100 km/h asettaminen ja sen alentaminen edelleen arvoon 80 km/h suoristi d-q-kuvaajia, mikä merkitsee liikennetiheyden kasvun aiheuttaman nopeuden alenemisen pienenemistä. Rajoitusten asettamisen myötä myös laskennallinen kapasiteetti suurenee ja kriittinen tiheys kasvaa. Suurilla liikennemäärillä on keskinopeus 80 km/h nopeusrajoitusta käytettäessä jopa suurempi kuin nopeuden ollessa vapaa. Tämä ilmenee selvästi kuvasta 23. Siinä on esitetty d-q-kuvaaja Salzburgiin johtavalle ajoradalle, jolla nopeus on vapaa sekä vastaava kuvaaja Müncheniin johtavalle ajoradalle 80 km/h rajoitusta käytettäessä. Vertailussa on käytetty Salzburgiin johtavan ajoradan liikennevirtaa, koska Müncheniin johtavalla ajoradalla nopeuden ollessa vapaa eivät liikennetiheydet olleet riittävän suuria vertailun suorittamiseksi. Kuvan 23 mukaan on keskinopeus 80 km/h rajoitusta käytettäessä suurempi kuin vapaalla nopeudella, kun koko ajoradan liikennemäärä on suurempi kuin 2600 ajon./h. (Nopeus = liikennemäärä/tiheys).

Vasemman puoleisten kaistojen aikavälijakaumia tarkasteltaessa havaittiin että liikennetiheyksillä 18-21 ajon./km on vaarallisten alle 1 sekunnin aikavälien osuus yli 18 % mittausryhmissä, joissa nopeus oli vapaa. Poikkeuksena on kuitenkin Münchenin suuntaan yöllä tehty mittaus, jossa nopeuden ollessa vapaa vastaava osuus oli 16 %. Nopeusrajoitusten ollessa voimassa on alle 1 sekunnin aikavälien osuus 13-18 %. Alle 0,5 sek aikavälien osuus vasemmalla kaistalla on 1-3 % kun nopeus oli vapaa. Nopeusrajoitusten ollessa voimassa oli alle 0,5 sek aikavälien osuus n. 1 %. Nopeusrajoitusten käyttö näyttää siis vähentävän vaarallisten aikavälien osuutta vasemmalla kaistalla. Vaikutus on vielä selvempi, kun otetaan huomioon, että suurilla tiheyksillä on nopeusrajoitusta käytettäessä liikennemäärä suurempi kuin samalla liikennetiheydellä ilman rajoitusta.

Oikealla kaistalla ei vaarallisten aikavälien osuus saavuttanut 10 % missään mittausryhmässä suurillakaan liikennetiheyksillä. Selityksenä on se, että oikean kaistan liikennemäärä on suurilla tiheyksillä alle 40 % kokonaisliikenne-

määrästä ja pieniä aikavälejä esiintyy vastaavasti harvemmin. Oikealla kaistalla ei esiinny ylipäänsä laisinkaan alle 0,5 sek aikavälejä.

Jatkotuktimuksessa määriteltiin edellä käsitellyn tutkimuksen tuloksiin perustuen  $q$ - $d$ -kuvaajalle yleinen muoto, jossa nopeusrajoituksen vaikutus kuvaajaan otetaan huomioon muuttujan avulla. Kuvassa 24 on esitetty  $q$ - $d$ -kuvaaja eräillä nopeusrajoituksen arvoilla. Nämä kuvaajat kuvaavat koko kaksikaistaisen ajoradan liikennevirtaa.



Kuva 24. Nopeusrajoituksen vaikutus  $q$ - $d$ -kuvaajaan. Rajoitusten yksikkö km/h.

Kuvasta 24 havaitaan, että eri nopeusrajoituksilla kapasiteetit ovat lähes yhtäsuuria. Se sijaan nopeuden ollessa vapaa kapasiteetti on selvästi pienempi kuin rajoitetuilla nopeuksilla. Kriittinen tiheys suurenee paitsi siirryttäessä vapaasta nopeudesta rajoitettuun nopeuteen myös nopeusrajoitusta alennettaessa.



## 5. LIIKENNEMÄÄRÄT JA -ONNETTOMUUDET JORVAKSENTIELLÄ

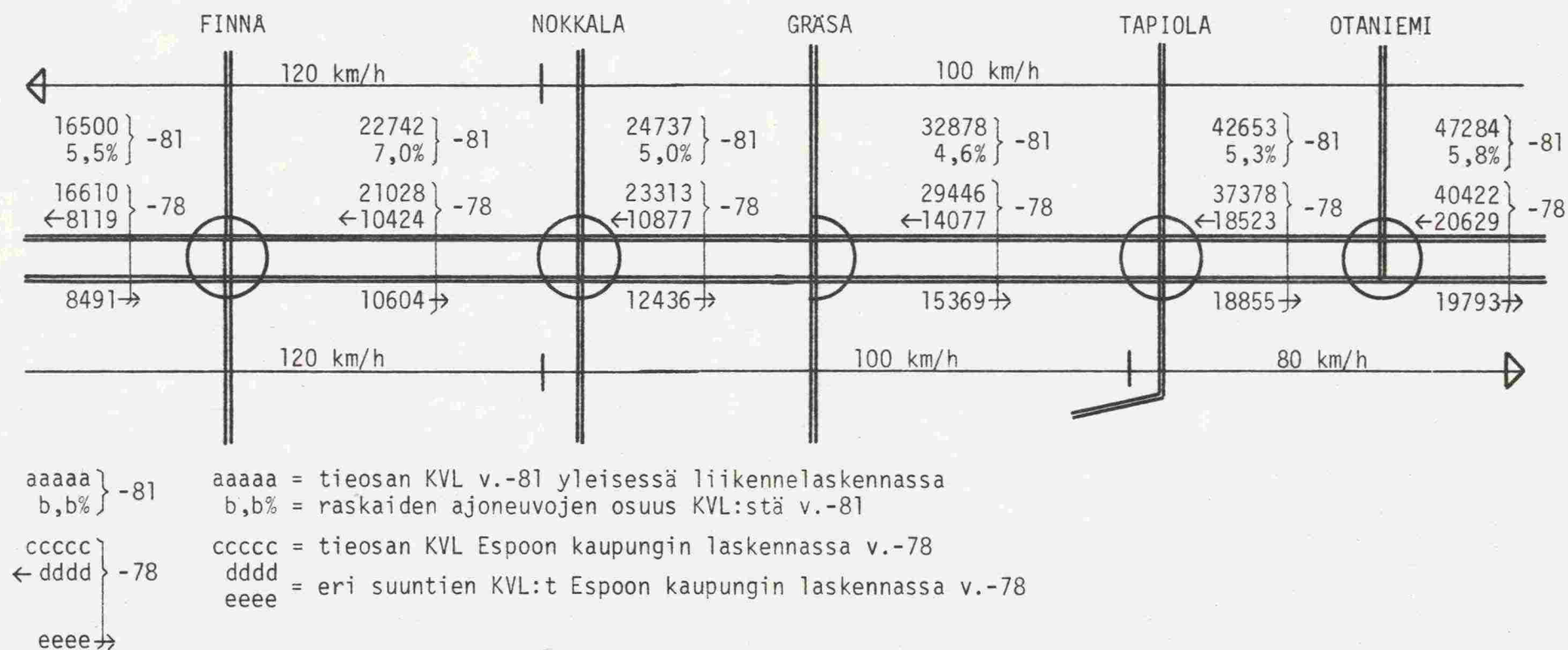
Jatkossa tarkasteltavan Jorvaksentien osan nopeusrajoitusalueet ja keskimääräiset vuorokausiliikenteet liittymävalleittain on esitetty kuvassa 25. Raskaan liikenteen osuus on Jorvaksentiellä noin puolet raskaan liikenteen keskimääräisestä osuudesta yleisillä teillä. Liikennemäärien paikalliset vaihtelut ovat Jorvaksentiellä erittäin suuret.

Helsingin kaupungilla on Katajaharjun liittymässä (Lauttasaaren Espoon puoleinen liittymä) konelaskentapiste. Jorvaksen suunnan ajorataan liittyvän rampin liikenne sisältyy laskettavaan liikenteeseen, mutta Helsingin suunnan ajoradasta erkanevan rampin liikenne ei siihen sisälly. Näiden konelaskentojen perusteella voidaan tarkastella liikennemäärien vaihteluita Jorvaksentiellä.

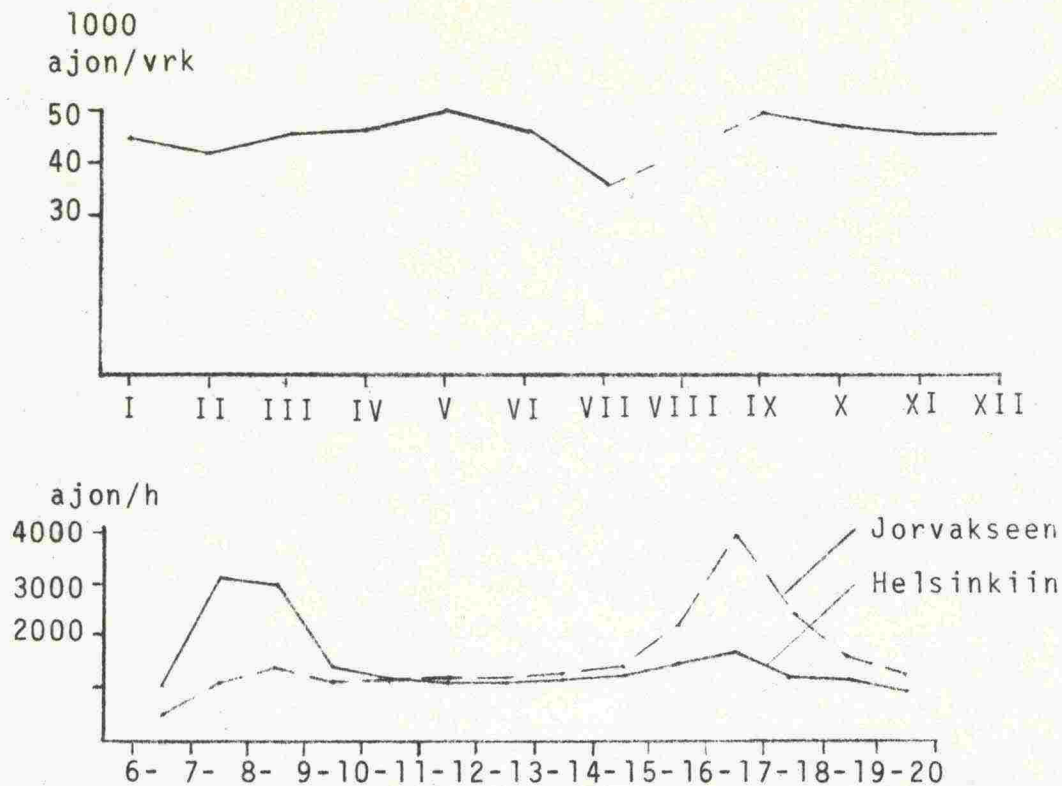
Kuvassa 26 on esitetty työpäivien liikennemäärän kausivaihtelu v. 1980 ja keskimääräinen tuntivaihtelu syyskuussa v. -80. Kausivaihtelun huiput ajoittuvat touko- ja syyskuuhun. Tasatuntien välisien tuntiliikennemäärien maksimi on työpäivinä klo 16-17. Laskentojen tuloksista voidaan lisäksi havaita, että työpäivien välillä ei esiinny sanottavaa viikonpäivävaihtelua. Lauantain ja sunnuntain liikennemäärät ovat sen sijaan vain runsas puolet työpäivien liikennemäärästä.

Jorvaksentien vuosien 1978-80 liikenneonnettomuuksia tarkasteltiin TVH:n liikenneonnettomuuksien perustilaston pohjalta. Tilasto pohjautuu poliisin saamiin onnettomuustietoihin. On huomattava, että poliisin tietoon tulee n. 30 % omaisuusvahinkoihin johtaneista onnettomuuksista ja n. 60 % henkilövahinkoihin johtaneista onnettomuuksista. Aineistosta käsiteltiin koko moottoritieosuuden 80, 100 ja 120 km/h nopeusrajoitusalueilla tapahtuneet onnettomuudet. Liittymärampeilla tapahtuneita onnettomuuksia ei käsitelty, mutta liittymisestä ja erkanemisesta aiheutuneet moottoritien ajoradalla tapahtuneet onnettomuudet olivat mukana tarkastelussa. Liikennemäärät saatiin Espoon kaupungin v. 1978 liikennelaskennoista, joissa liikennemäärät oli erotettu suunnittain.





Kuva 25. Jorvaksentien nopeusrajoitusalueet ja keskimääräiset vuorokausiliikenteet liittymäväleittäin.



Kuva 26. Jorvaksentien liikennemäärien kausivaihtelu työpäivinä v. 1980 (yläkuva) ja keskimääräinen tunti-  
vaihtelu työpäivinä syyskuussa v. -80 (alakuva).

Liikenneonnettomuuksissa kuolleiden ja loukkaantuneiden henkilöiden määrät sekä vaurioituneiden ajoneuvojen määrät liikennesuoriteyksikköä kohti eri nopeusrajoitusalueilla on esitetty taulukossa 5. Loukkaantuneiden määrä ajoneuvokilometriä kohden on selvästi suurin 120 km/h nopeusrajoitusalueella, 80 ja 100 km/h rajoitusalueilla on ajoneuvokilometriä kohden suunnilleen yhtä paljon loukkaantuneita. Näillä rajoitusalueilla on loukkaantuneiden määrä hieman runsas puolet 120 km/h nopeusrajoitusalueen määrästä. Ajoneuvoja vaurioituu ajoneuvokilometriä kohti vähiten 100 km/h nopeusrajoitusalueella, 80 km/h rajoitusalueella ajoneuvoja vaurioitui hieman enemmän kuin 120 km/h nopeusrajoitusalueella.

Taulukko 5. Kuolleiden ja loukkaantuneiden henkilöiden sekä vaurioituneiden ajoneuvojen määrät/ $10^8$  ajon.km.

nopeus- rajoitus	kuolleet/ $10^8$ ajonkm	loukkaantuneet/ $10^8$ ajonkm	vaurioituneet ajon/ $10^8$ ajonkm
80	0	10,5	35,5
100	0	9,3	26,4
120	1,5	18,8	33,1

Taulukossa 6 on esitetty eri onnettomuustyyppien onnettomuusasteet nopeusrajoitusalueittain. Samaan ajosuuntaan kulkevien ajoneuvojen onnettomuuksien eli tässä tapauksessa lähinnä eri tyyppisten peräänajo-onnettomuuksien onnettomuusaste on suurin 80 km/h nopeusrajoitusalueella ja pienin 100 km/h nopeusrajoitusalueella. Ajoneuvojen tieltä suistumisia sattui eniten ajoneuvokilometriä kohden 120 km/h nopeusrajoitusalueella ja vähiten 80 km/h nopeusrajoitusalueella.

Taulukko 6. Eri onnettomuustyyppien onnettomuusasteet nopeusrajoitusalueittain. (Yksikkönä onnettomuuksia/10<sup>8</sup> ajon.km)

nopeusrajoitus (km/h)	onn. samasta suunnasta saapuneiden ajon. kesken (mikään ajon. ei kääntymässä)	jalankulk. onnettom.	ajoneuv. suist. tieltä	eläin onnettom.	ajo esteeseen tai reun. pys. ajon.	muu	Yht.
80	8,5	0	8,0	1,5	0,5	2,0	20,5
100	3,3	0,7	9,3	4,0	1,3	1,3	19,8
120	6,8	0,8	12,0	3,8	0,8	0,7	24,8

Edellä esitetyn onnettomuustarkastelun merkittävimmät havainnot olivat:

- 120 km/h nopeusrajoitusalueella on vakavien liikenneonnettomuuksien onnettomuusaste selvästi suurempi kuin muilla alueilla. Nopeusrajoitusalueella 120 km/h tapahtuu erityisesti paljon tieltä suistumisia.
- Omaisuusvahinkoihin johtaneita onnettomuuksia, jotka olivat usein peräänajoja, sattui ajokilometriä kohden eniten 80 km/h nopeusrajoitusalueella. On kuitenkin ilmeistä, että tämä ei johdu nopeusrajoituksesta, vaan alueen muita alueita huomattavasti suuremmasta liikennemäärästä ja aamuruuhkan ajoittain pysähtelevästä liikennevirrasta.

Lähteessä /11/ on tarkasteltu Uudenmaan moottoriteiden onnettomuuksia vuosina 1978-80. Kaikkien onnettomuuksien (linja- ja liittymäonnettomuuksien) onnettomuusaste Uudenmaan moottoriteilla oli keskimäärin 34 onn./10<sup>8</sup> ajon.km ja Jorvaksentielle 31 onn./10<sup>8</sup> ajon.km. Onnettomuusaste Jorvaksentielle oli siis 10 % pienempi kuin Uudenmaan moottoriteilla.



keskimäärin. Koska liikennemäärät olivat Jorvaksentiellä suurempia kuin muilla teillä, oli onnettomuustiheys Jorvaksentiellä kuitenkin n. 1,5-kertainen verrattuna Uudenmaan moottoriteiden keskimääräiseen onnettomuustiheyteen. Linja-onnettomuuksien onnettomuusasteet olivat Uudenmaan moottoriteillä 80, 100 ja 120 km/h nopeusrajoitusalueilla 21,7, 20,7 ja 29,7 onn./10<sup>8</sup> ajon.km. Nopeusrajoitusalueiden onnettomuusasteiden erot olivat Jorvaksentiellä saman suuntaisia kuin keskimäärin muilla Uudenmaan moottoriteillä.

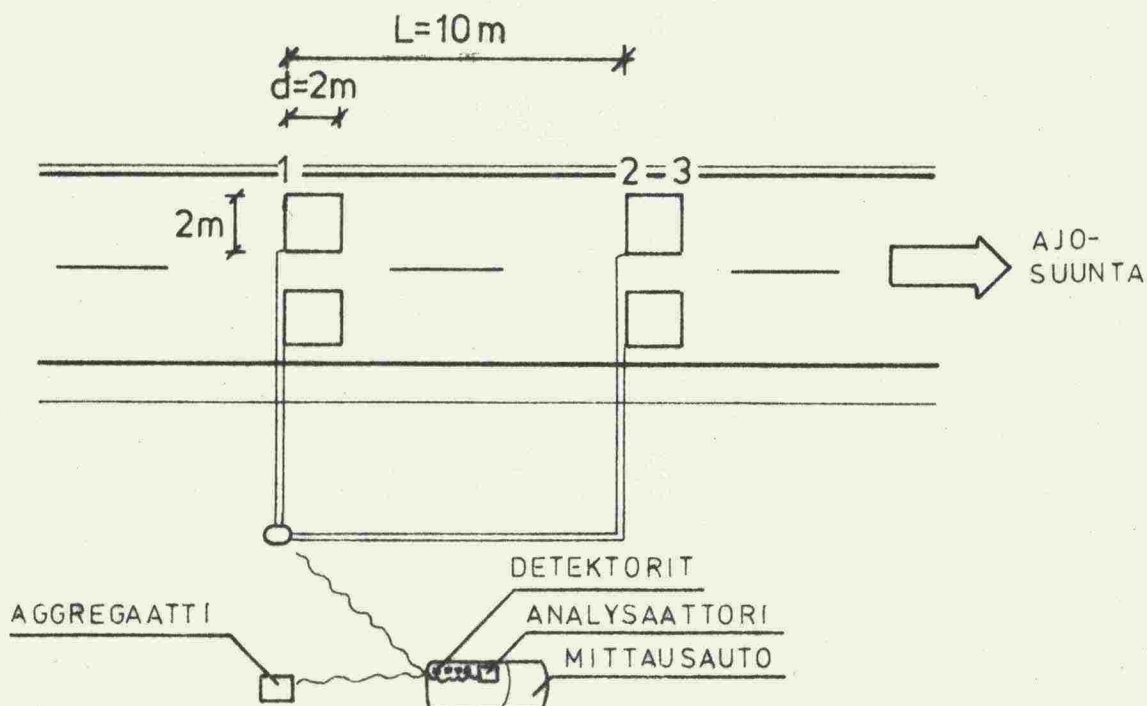
## 6. MITTAUKSET JA MITTAUSTEN AIKAINEN LIIKENNE

### 6.1 Mittausten suoritus ja tulosten käsittely

Liikennevirtaa mitattiin liikennelaboratorion Jari I ja Jari II liikenneanalysaattoreilla. Suurin osa mittauksista tehtiin Jari I:llä, Jari II:lla tehtiin ainoastaan vertailu- ja täydennysmittauksia. Jari I:llä voidaan saman aikaisesti mitata kahden kaistan liikennevirtaa, Jari II:lla on useiden kaistojen samanaikainen mittaaminen mahdollista.

Ajoneuvojen havaitsemiseen käytettiin ns. induktiivisia ajoneuvoilmaisimia, jotka koostuvat johdinsilmukasta ja detektorista. Johdinsilmukka, jossa oli tässä tapauksessa kolme kierrosta, muodostaa kelan. Kun siihen syötetään virtaa, muodostuu silmukan ympärille magneettinen kenttä. Magneettikentässä oleva ajoneuvo pienentää kelan induktanssia. Detektori pystyy välillisesti havaitsemaan kelan induktanssin muutokset, joiden perusteella se ilmaisee analysaattorille ajan, jolloin silmukan magneettikentässä on ajoneuvo. Ilmaisun perusteella analysaattori mittaa ajoneuvon silmukkaan saapumisajan ja silmukasta poistumisajan.

Mitattavilla kaistoilla oli kaksi peräkkäistä silmukkaa kuvan 27 mukaisesti.



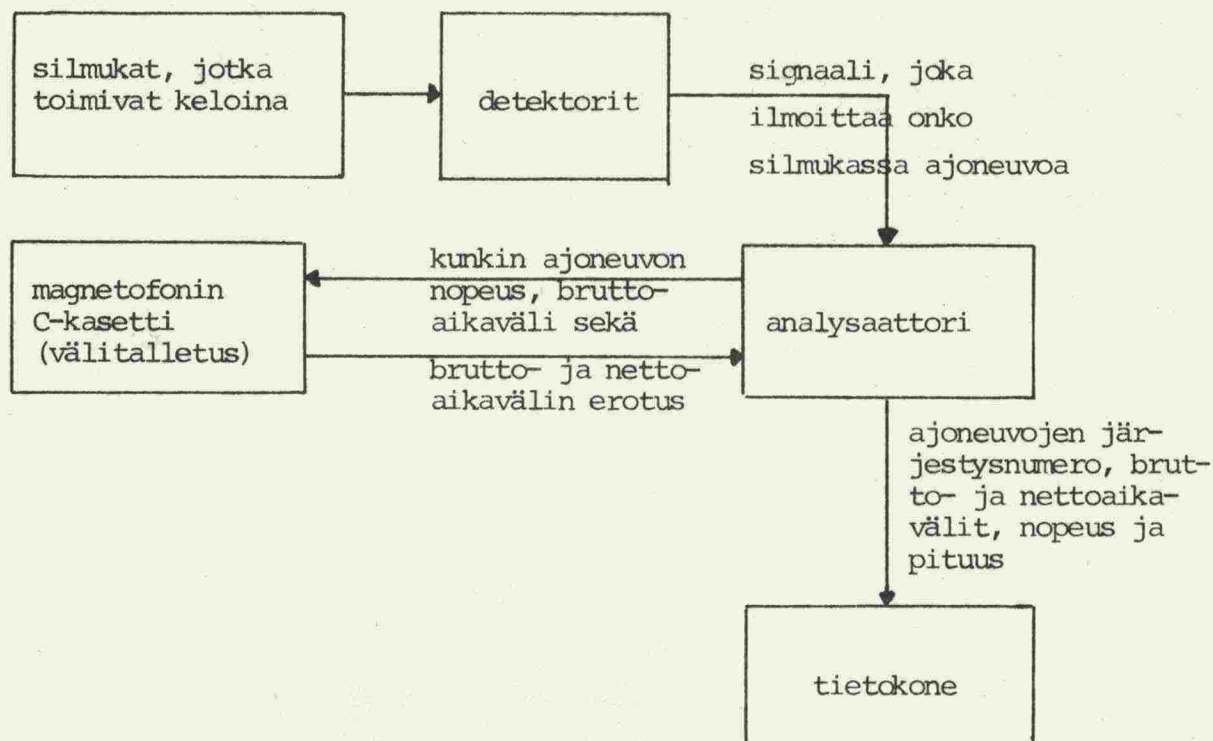
Kuva 27. Ilmaisinsilmukoiden mitat ja mittausaikaiset järjestelyt.

Liikenneanalyysoija Jari I laskee ajoneuvojen silmukkaan saapumisaikojen ja silmukasta poistumisaikojen perusteella kunkin ajoneuvon nopeuden, bruttoaikavälin sekä brutto- ja nettoaikavälin erotuksen. Nämä tiedot rekisteröityvät analyysoijan muistiin, johon mahtuu kaistaa kohti 2000 ajoneuvon tiedot. Muistin täytyttyä tai mittauksen päätyttyä tiedot siirretään analyysoijasta C-kasetille. Kun halutaan siirtää mittaustulokset tietokoneeseen, siirretään C-kasetille tallennetut tiedot ensin takaisin Jari I:n muistiin, josta ne voidaan siirtää edelleen tietokoneen tiedostoon. Samalla kun Jari I lähettää mittaustietoja tietokoneeseen se muuttaa tietojen muotoa laskemalla muistissa olevista tiedoista kunkin ajoneuvon järjestysnumeron, bruttoaikavälin (1/100 s), nettoaikavälin (1/100 s), nopeuden (km/h) ja pituuden (dm). Tiedot tulostetaan tietokoneeseen kaistoittain. Kuvassa 28 on näyte tietokoneen muistiin tallennetuista mittaustuloksista. Kuvan 29 kaavio esittää tie-  
donkulun johdinsilmukasta tietokoneeseen.

ajoneuvon järjestys- numero	brutto- aikaväli (1/100 s)	netto- aikaväli (1/100 s)	nopeus (km/h)	ajoneuvon pituus (dm)
00041	01692	01674	00109	00051
00042	01005	00988	00102	00048
00043	00420	00403	00102	00053
00044	08672	08653	00105	00061
00045	00992	00971	00109	00060
00046	07785	07765	00092	00053
00047	00290	00269	00105	00064
00048	03310	03288	00116	00048
00049	02687	02672	00128	00053

Kuva 28. Näyte tietokoneen muistiin tallennetuista mittaustuloksista.





Kuva 29. Tiedonkulku ilmaisinsilmukoista tietokoneeseen.

Jari II rekisteröi ainoastaan ajoneuvojen silmukoihin saapumisajat ja silmukoista poistumisajat kasetille. Nämä saapumis- ja poistumisajat siirretään tietokoneeseen, jonka käsittelyohjelmalla niistä lasketaan tiedot, jotka vastaavat tietoja, jotka Jari I:stä siirrettiin tietokoneeseen.

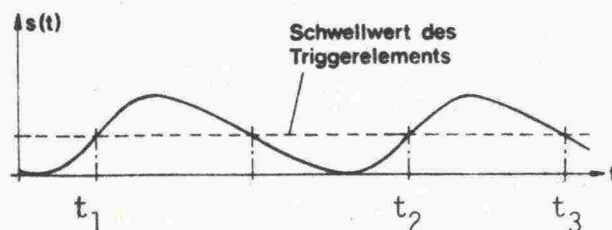
Mittaustuloksia käsiteltäessä laskettiin kaistoittaisista liikennevirroista 5 minuutin havaintojaksoissa liikennemäärä, matkajakauman keskinopeus, laskennallinen liikennetiheys, liikenteen koostumus, brutto- ja netto aikavälijakau- mat keskiarvoineen ja keskihajontoineen. Liitteessä 1 on esimerkki mittaustulosten käsittelyohjelman tulostuksesta. Tulosten analysointia ja esittämistä silmällä pitäen käsittelyohjelma talletti 5 min havaintojaksoja kuvaavista tiedoista olennaisimmat suoraan tietokoneen muistiin. Ku- vassa 30 on esitetty näytteeksi eräistä 5 min havaintojak- soista tallennetut tiedot.

liikennemäärä (ajon/h)	nopeuden matkajakauman ka. (km/h)	liikennetihe- ys (ajon/km)	suunta-kais- ta-koodi	alle 1 sek bruttoaikavä- lien osuus (%)	alle 1 sek nettoaikaväli- en osuus (%)	nopeuden aikajakauman ka. (km/h)	nopeuden aika- jakauman ha- jonta (km/h)	nopeuden aika- jak. 85 %:n nopeus (km/h)	mittauksen pvm	jakson aika- misaika
1116.	90.04	12.39	22	15.05	25.81	90.66	7.31	96.84	16.12	17:20
816.	98.66	8.27	22	13.64	22.73	99.06	6.36	104.31	16.12	17:25
780.	97.97	7.96	22	12.31	16.92	98.51	7.35	104.49	16.12	17:30
1008.	90.63	11.12	22	10.71	22.62	91.46	8.89	98.94	16.12	17:35
576.	99.15	5.81	22	10.42	14.58	100.33	11.31	109.00	16.12	17:40
564.	99.11	5.69	22	8.38	17.02	99.77	9.23	109.92	16.12	17:45
636.	98.13	6.48	22	9.43	9.43	98.75	7.91	106.75	16.12	17:50
528.	99.58	5.30	22	11.36	15.91	100.34	8.61	107.40	16.12	17:55
396.	96.96	4.08	22	6.45	9.68	98.19	10.64	108.00	16.12	18: 0

Kuva 30. Näyte 5 min havaintojaksoista tallennetuista tiedoista.

## 6.2 Mittausten tarkkuus

Ajoneuvon ylittäessä ilmaisinsilmukat välittyvät detektoreihin signaali  $s(t)$ , jonka periaatteellinen muoto on esitetty kuvassa 31. Signaalin voimistuminen kuvaa ajoneuvon saapumista silmukkaan, huippu kuvaa silmukan ylittämistä ja lasku silmukasta poistumista /4/.



Kuva 31. Ilmaisinsilmukoiden yli ajavan ajoneuvon aiheuttama signaali.

Ajankohtina  $t_1$  ja  $t_2$ , jolloin ajoneuvon keula saapuu kuvan 27 mukaisesti tiekohtiin 1 ja 2, sekä ajankohtana  $t_3$ , jolloin ajoneuvon perä saapuu tiekohtaan 3, on kuvan 31 mukainen signaali tietyn kynnsarvon suuruinen. Detektorit ilmaisevat ajankohdat, jona ajoneuvo saapuu silmukkaan tai poistuu silmukasta vertaamalla ajoneuvon aiheuttamaa signaalia detektoriin asetettuun kynnsarvoon. Detektoreihin asetetut kynnsarvot eivät kuitenkaan vastaa aivan tarkasti em. ajankohtia. Yleensä detektori ilmaisee ajoneuvon jo

hieman ennen kuin se saapuu silmukkaan ja vastaavasti ilmaisu päättyy vasta hieman sen jälkeen kun ajoneuvo on poistunut silmukasta. Näin ollen silmukan tehollinen pituus on pitempi kuin silmukan todellinen pituus /4/.

Ajoneuvojen nopeudet ja pituudet saadaan mitatuista ajankohdista  $t_1$ ,  $t_2$  ja  $t_3$  seuraavien kaavojen avulla:

$$v = \frac{L}{t_2 - t_1} \quad \text{ja} \quad (17)$$

$$p = \frac{t_3 - t_2}{t_2 - t_1} L - d, \quad (18)$$

joissa  $L$  on silmukoiden välinen etäisyys ja  $d$  on silmukoiden tehollinen pituus.

Koska Jorvaksentiellä mitattujen ajoneuvojen pituuksia laskettaessa käytettiin  $d$ :n arvona silmukan todellista pituutta 2 m eikä tehollista pituutta, saatiin n. 1,5 m liian suuria ajoneuvojen pituuksia. Tämä otettiin huomioon ajoneuvojen luokittelussa nostamalla luokkarajoja vastaavasti 1,5 m:llä.

Kuvan 31 mukaisesti on ajoneuvon kulkua kuvaavan signaalin lasku loivempi kuin nousu. Tämän vuoksi ajankohdat, joihin ajoneuvot saapuvat silmukoihin voidaan mitata tarkemmin kuin ajankohdat, joihin ajoneuvot poistuvat silmukoista. Nopeuden laskemisessa ei tarvita laisinkaan ajankohtia, joihin ajoneuvot poistuvat silmukoista, ajoneuvojen pituuksien laskemisessa niitä sen sijaan tarvitaan. Mm. tämän vuoksi ajoneuvojen nopeuksien arvot ovat luotettavampia kuin pituuksien arvot.

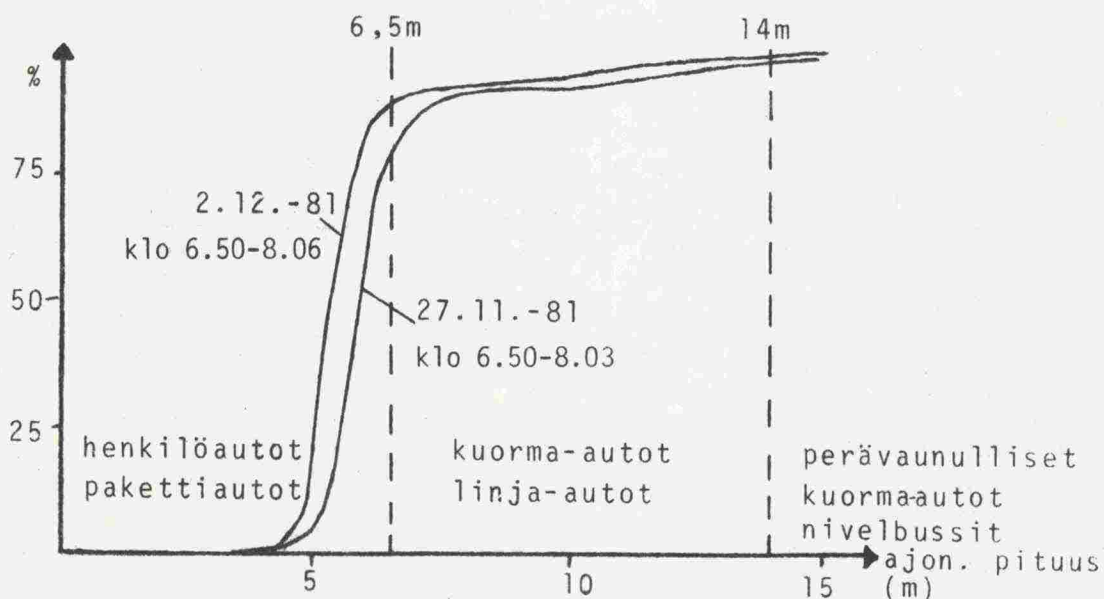
Ajoneuvojen maavaran ja pohjan muodon eroavaisuuksien vuoksi silmukoiden tehollinen pituus riippuu mitattavasta ajoneuvosta. Tämän vuoksi teholliselle pituudelle ei voida määrittää sellaista arvoa, että kaikki mitatut suureet olisivat virheettömiä. Sopivalla tehollisen pituuden arvolla virheiden odotusarvot saadaan kuitenkin nolllaksi.



Jos ajoneuvo vaihtaa kaistaa ilmaisinsilmukoiden kohdalla, eri ajoneuvojen peräkkäisissä silmukoissa aiheuttamat signaalit saatetaan tulkita yhden ajoneuvon aiheuttamiksi. Näin syntyneet virheelliset nopeuden ja pituuden arvot ovat usein selvästi epärealistisia, jolloin ne voidaan eliminoida testaamalla laskettujen arvojen mielekkyys.

Käytetyn mittausjärjestelyn tarkkuutta arvioitiin vertaamalla Jari I:llä ja VTT:n liikennetutkalla mitattuja nopeuksia. Tällöin havaittiin, että Jari I:llä mitattujen nopeuksien tarkkuus riippui mitattavan kaistan silmukoihin liitetystä detektoriparista. Tämän vuoksi detektoriparien käyttö vakioitiin jäljellä olevissa eli pimeiden olosuhteiden ja talviolosuhteiden mittauksissa. Näillä detektoripareilla mitatut nopeudet olivat mitattavan nopeuden suuruudesta riippumatta keskimäärin n. 2 km/h suurempia kuin VTT:n tutkalla mitatut nopeudet. Jari I:llä mitattuihin nopeuksiin ei tehty korjauksia, joten niissä mahdollisesti oleva virhe sisältyy myös jatkossa esitettäviin tuloksiin.

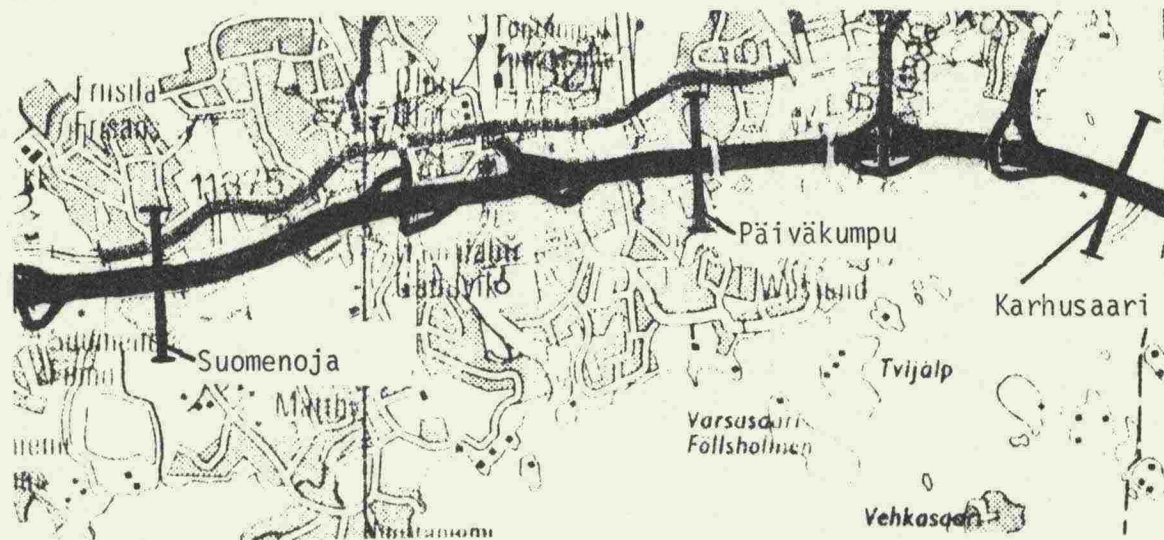
Kuvassa 32 on esitetty reunakaistan ajoneuvojen pituuksien summakäyrät kahdessa eri mittauksessa sekä ajoneuvotyyppien luokittelussa käytetyt rajat. Koska ajoneuvoille mitattuja pituuksia esiintyy melko paljon alemman luokittelurajan tuntumassa, vaikuttaa luokittelurajan pienikin siirto saatuun tulokseen. Tämän vuoksi määritettyjä liikenteen koostumuksia ei voida pitää kovin luotettavina.



Kuva 32. Mitattujen ajoneuvopituuksien summakäyrät kahdessa eri mittauksessa Helsingin suunnan reunakaistalla Karhusaarella.

### 6.3 Mittauspisteet

Liikennevirran ominaisuuksien tutkimiseksi valittiin kolme mittauspistettä siten, että liikennevirtaa voitiin mitata 80-, 100- ja 120 km/h nopeusrajoitusalueilla. Mittauspisteiden sijainnit ilmenevät kuvasta 33. Mittauspisteitä ei kuitenkaan voitu valita siten, että ne olisivat nopeusrajoitusta lukuunottamatta ominaisuuksiltaan täysin samanlaiset. Tämän vuoksi tulosten tarkastelussa tulee ottaa huomioon myös muut pistekohtaiset ominaisuudet kuin nopeusrajoitus. Mittauspisteiden tärkeimmät ominaisuudet on esitetty taulukossa 7.



Kuva 33. Mittauspisteiden sijainnit.

Taulukko 7. Mittauspisteiden tärkeimmät ominaisuudet.

mittaus- piste	suunta	nopeus- rajoitus	etäis. ylävirr. lähim. ramppiin	etäis. alavirr. lähim. ramppiin	tieva- val.	pit. kalt.	kaar- re sä- de	huom.
Karhusaari	Helsinkiin	80	480	1036	on	0,6%	∞	la-kaista
	Jorvukseen	100	1310	660				
Päiväkumpu	Helsinkiin	100	660	880	on	0,7%	∞	
	Jorvukseen	100	920	820				
Suomenoja	Helsinkiin	120	662	1755	ei	1,9%	2600	
	Jorvukseen	120	1440	740				

etäisyydet (m) on mitattu rampin vasemman reunaviivan ja ajoradan reunaviivan yhtymäkohtaan.



Huomattavimpia eroja nopeusrajoitusten ohella eri mittauspisteiden liikennevirtojen välille aiheuttavat:

- Tapiolan-Otaniemen liittymäalueen läheisyys liikenteen alavirtaan Karhusaassa Jorvaksen suunnan ajoradalla ja Päiväkummussa Helsingin suunnan ajoradalla.
- Tievalaistuksen puuttuminen Suomenojan mittauspisteessä.
- Pituuskaltevuus Suomenojan mittauspisteessä.
- Moottoritien katuverkkoon liittymisen aiheuttama ajoittainen ruuhkautuminen aamulla Karhusaassa ja Päiväkummussa.

#### 6.4 Suoritetut mittaukset

Jotta voitaisiin tutkia sää- ja keliolosuhteiden vaikutusta liikennevirran ominaisuuksiin, liikennevirtaa mitattiin samassa pisteessä eri olosuhteissa. Toisaalta nopeusrajoituksen vaikutuksen tutkimiseksi liikennevirtaa mitattiin samoissa olosuhteissa eri pisteissä. Lumisateella eri aikaan eri pisteissä suoritetuissa mittauksissa olosuhteet eivät kuitenkaan olleet riittävän samanlaisia, jotta mittauksia voitaisiin pitää vertailukelpoisina.

Eräitä poikkeuksia lukuunottamatta kaikissa mittauksissa mitattiin vain toista ajosuuntaa. Karhusaassa olevaa linja-autokaistaa mitattiin vain Jari II:n mittauksissa, mutta näitä mittauksia ei jatkossa käsitelty. Suurin osa mittauksista tehtiin n. klo 6.50-9.00 tai n. 15.50-18.00 ruuhkasuuntaan. Jonkin verran mitattiin myös keskipäivällä ja illalla, jolloin liikennemäärät ovat melko pieniä. Taulukossa 8 on esitetty ajoneuvomäärät eri pisteiden ja eri olosuhteiden mittauksista, joita jatkossa analysoidaan. Mittauskohtaiset tiedot on esitetty liitteessä 2.



Taulukko 8. Ajoneuvomäärät eri pisteiden ja eri olosuhteiden mittauksissa, joita jatkossa analysoidaan.

	Karhusaari		Päiväkumpu		Suomenoja		Yht.
	Helsingin- kiin	Jorvaksen	Helsingin- kiin	Jorvaksen	Helsingin- kiin	Jorvaksen	
hyvät olosuhteet, valoisaa	25500	18500	18000	14500	8500	10500	90500
sateetonta, pimeää syksyllä	8000	13500	4000	9000	3500	3000	41000
vesisade, pimeää syksyllä	-	5500	-	-	-	-	5500
lumi- tai räntäsade tai liukasta	16500	25000	5500	7500	-	2500	57000
yhteensä	50000	62500	27500	31000	12000	16000	199000

#### 6.5 Liikennemäärien ja keskinopeuksien aikavaihtelut

Kuvissa 34-51 esitetään keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut eri mittauspisteissä eri olosuhteissa ruuhka-aikana. Kuvien numerointi selviää taulukosta 9. Jos mittauspisteessä on samoissa olosuhteissa tehty samalla ajoradalla enemmän kuin yksi mittaus, niin em. kuvissa on näistä mittauksista esitetty vain yksi. Mittauksissa on katkoja, koska siirrettäessä tietoja analysointorin muistista C-kasetille on mitaus keskeytettävä.

Taulukko 9. Kuvien 34-51 numerointi.

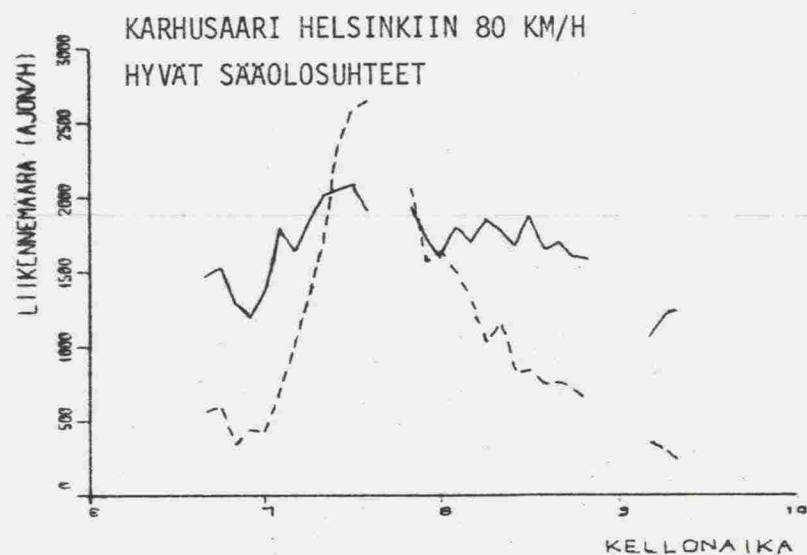
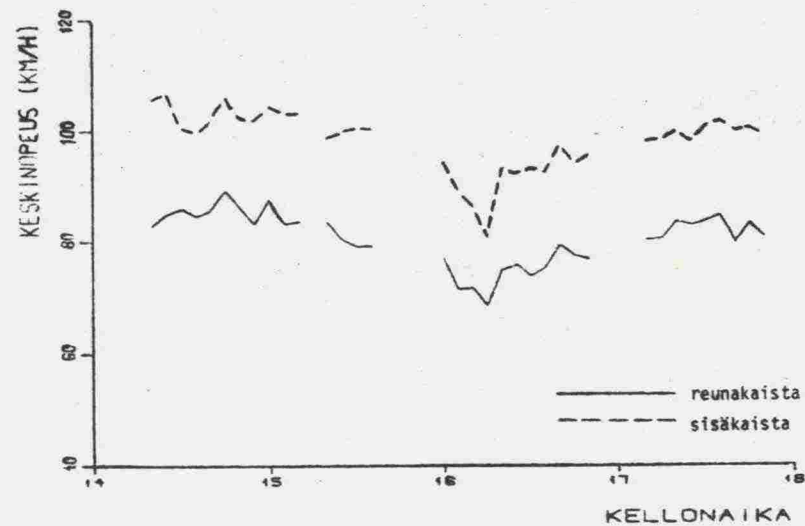
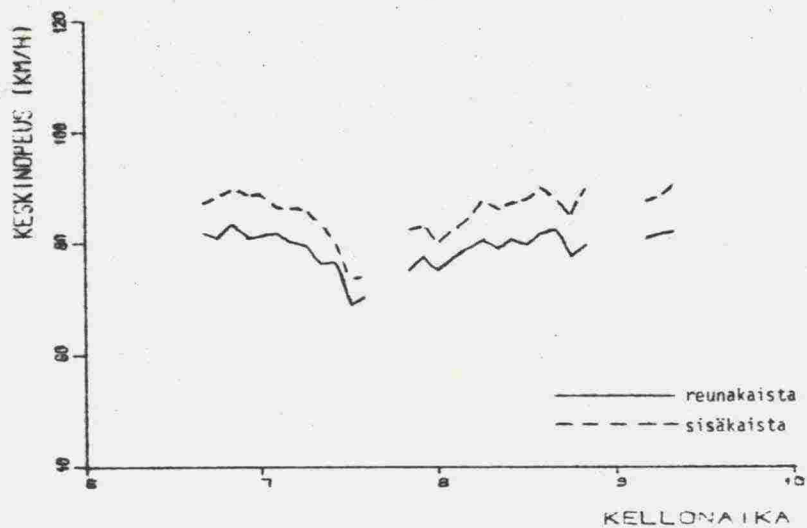
	Karhusaari		Päiväkumpu		Suomenoja	
	Helsingin- kiin	Jorvaksen	Helsingin- kiin	Jorvaksen	Helsingin- kiin	Jorvaksen
hyvät olos., val.	34	35	41	42	47	48
sateetonta, pim.	36	37	43	44	49	50
vesisade, pim.	-	38	-	-	-	-
lumi- tai räntäs. tai liukasta	39	40	45	46	-	51

Liikennemäärät kasvavat erittäin voimakkaasti aamuruuhkassa n. klo 7.00-7.40 (Suomenojalla n. klo 7.00-7.30). Liikennemäärien lasku on aamulla nousua selvästi loivempi. Liikennemäärät pienenevät aina n. klo 9.00 saakka. Iltapäiväruuhkassa liikennemäärän vaihtelukäyrät ovat loivempia ja huippu on tasaisempi kuin aamuruuhkassa. Huippu ajoittuu klo 16 ja 17 välille. Lumisateella huippu entisestään tasoittuu. Tämä johtune siitä, että lumisateella kapasiteetti, jolla Helsingin katuverkko pystyy syöttämään liikennettä Jorvaksentielle, laskee selvästi, jolloin liikennemäärät pysyvät Jorvaksentiellä pitkään katuverkon kapasiteetin mukaisina.

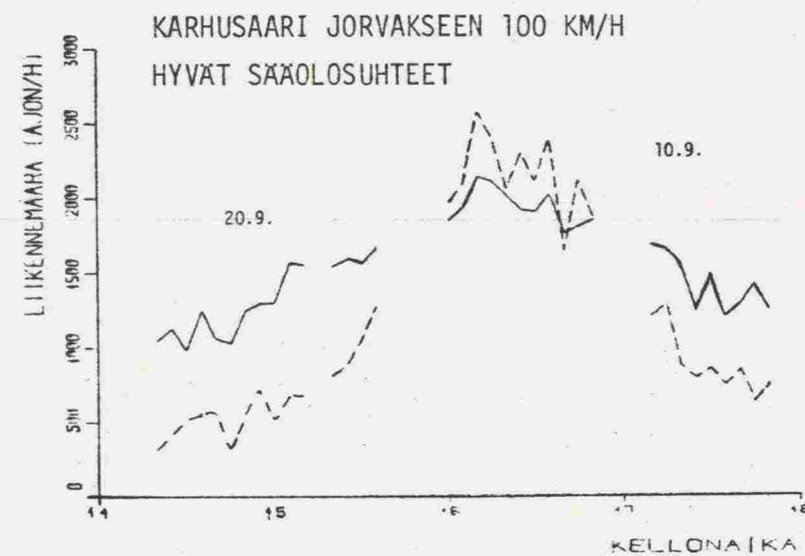
Kuvan 26 tuntivaihtelukäyrästä voi saada aamu- ja iltapäiväruuhkan välisestä eroista lähes päinvastaisen kuvan edellä selostettuun verrattuna. Tämä johtuu siitä, että kuvassa 26 tarkasteltiin tasatuntien välisiä tuntiliikennemääriä, eivätkä aamuruuhkan suuret lyhytaikaiset liikennemäärät tule tällöin esille. Toisaalta aamuruuhkan huippu ajoittuu lähemmäksi tasatuntia kuin iltapäiväruuhkan huippu, tällöin maksimaalinen tasatuntien välinen tuntiliikennemäärä on iltapäivällä lähempänä todellista maksimituntiliikennemäärää kuin aamulla.

Kuvissa 34-51 ovat reuna- ja sisäkaistan liikennemäärät yhtäsuuria, kun ajoradan kokonaisliikennemäärä on 2550-3920 ajon/h. Huonoissa olosuhteissa jakautuu liikenne tasan reuna- ja sisäkaistan välille pienemmällä kokonaisliikennemäärällä kuin hyvissä olosuhteissa.

Nopeudet alkavat laskea kummallakin kaistalla voimakkaasti siinä vaiheessa, kun sisäkaistan liikennemäärä kasvaa reuna-kaistan liikennemäärää suuremmaksi. Nopeuksien laskun myötä alkaa tällöin myös palvelutaso laskea voimakkaasti.

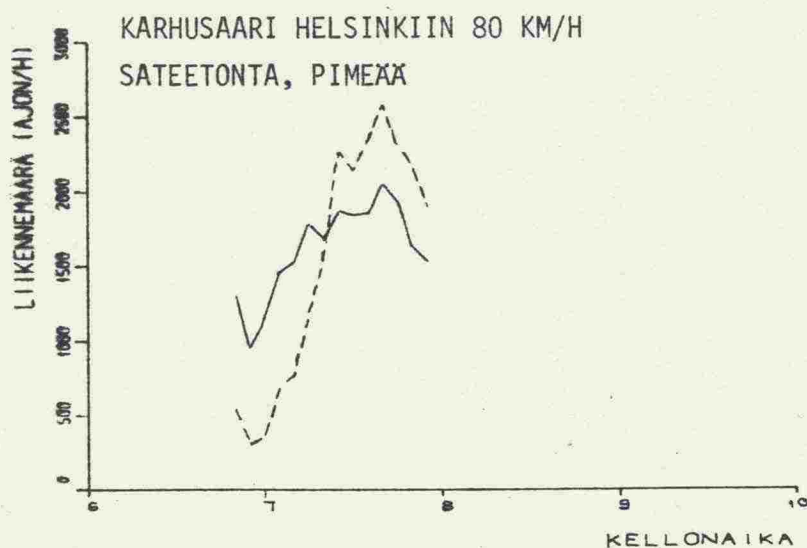


Kuva 34. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Karhusaarella Helsingin suuntaan 16.9.1981.

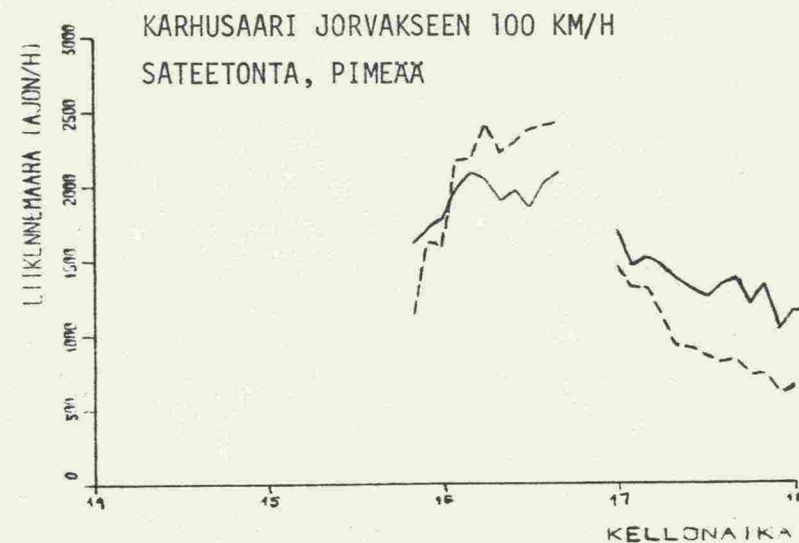
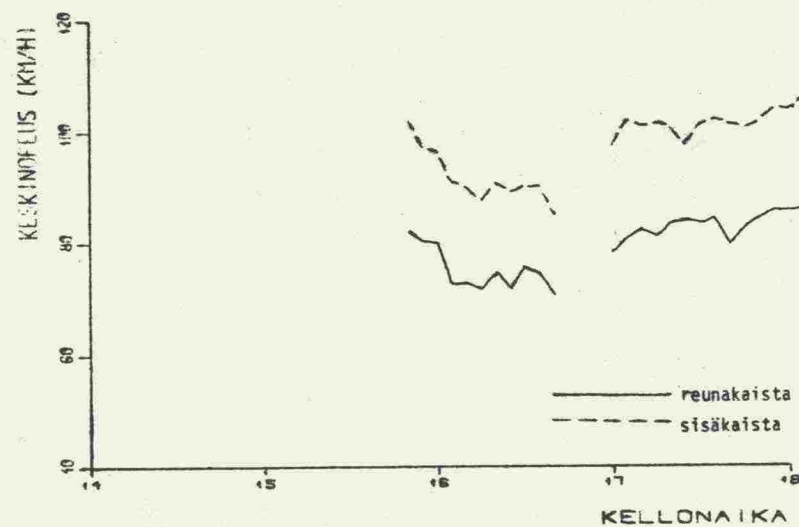


Kuva 35. Keskinopeuden ja liikennemäärät aikavaihtelut Karhusaarella Jorvaksen suuntaan 10. ja 20.9.1981.

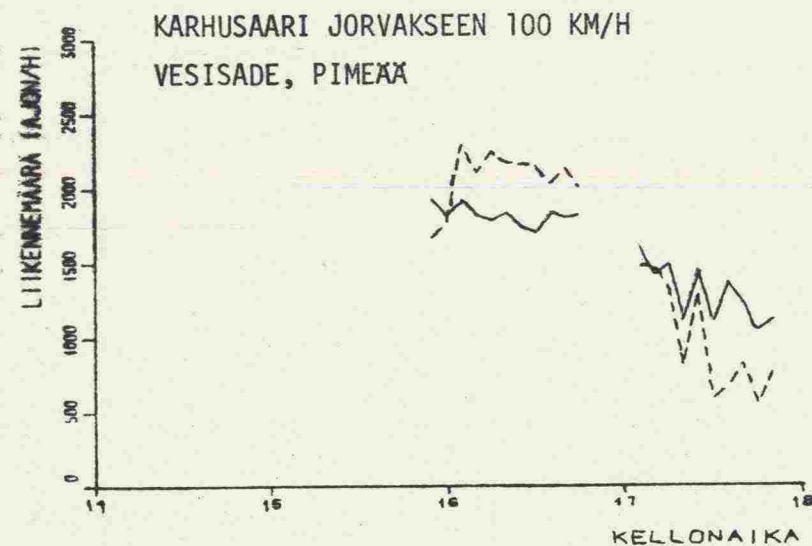
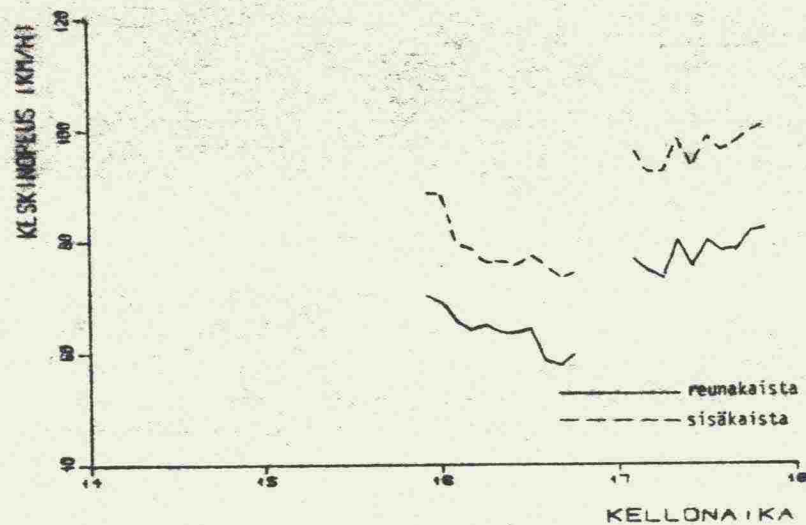




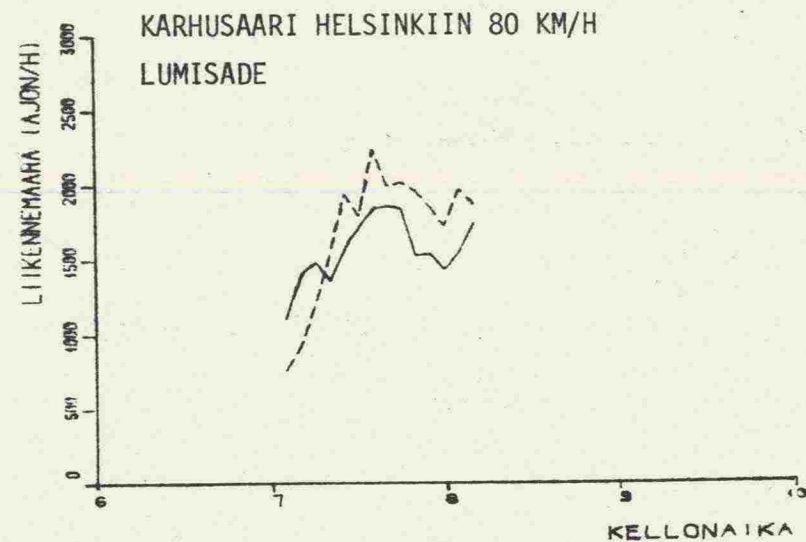
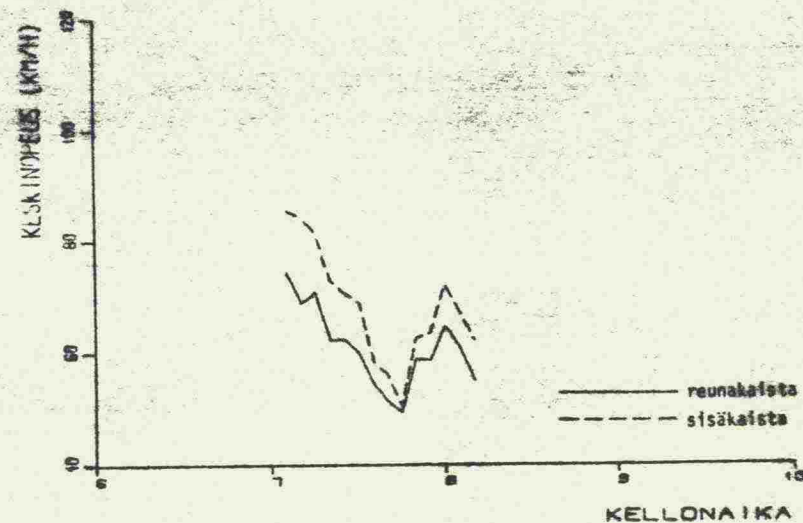
Kuva 36. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Karhusaarella Helsingin suuntaan 27.11.1981.



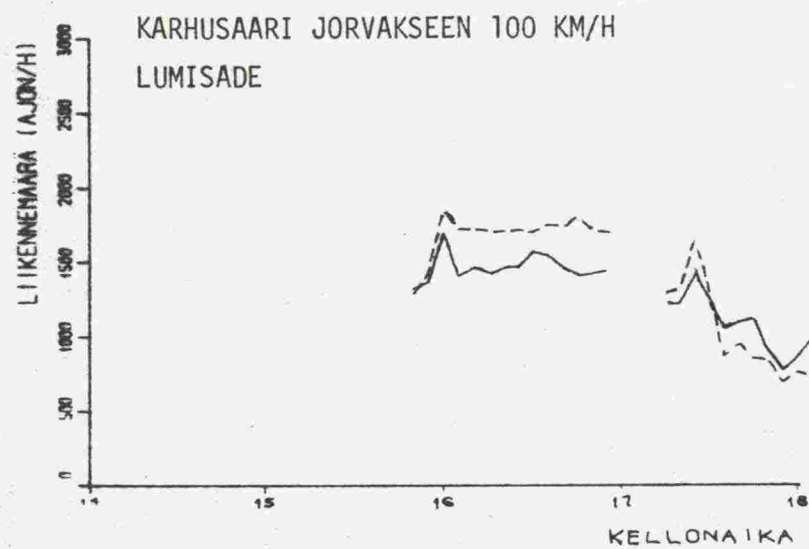
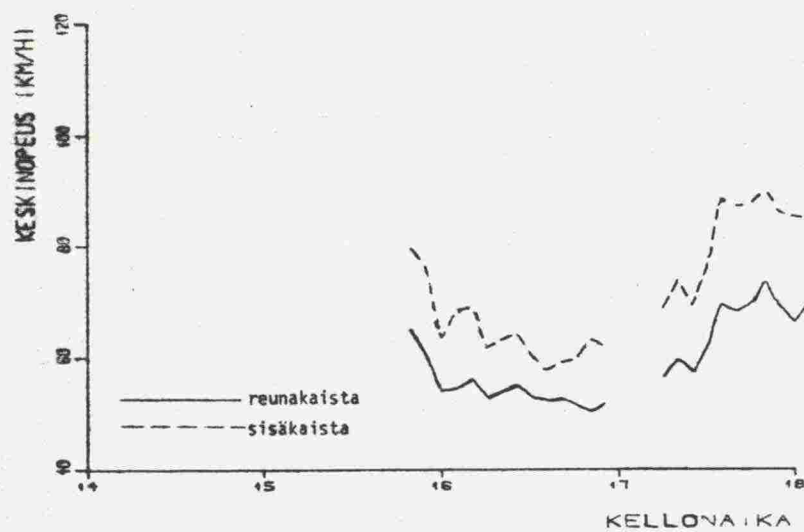
Kuva 37. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Karhusaarella Jorvaksen suuntaan 23.11.1981.



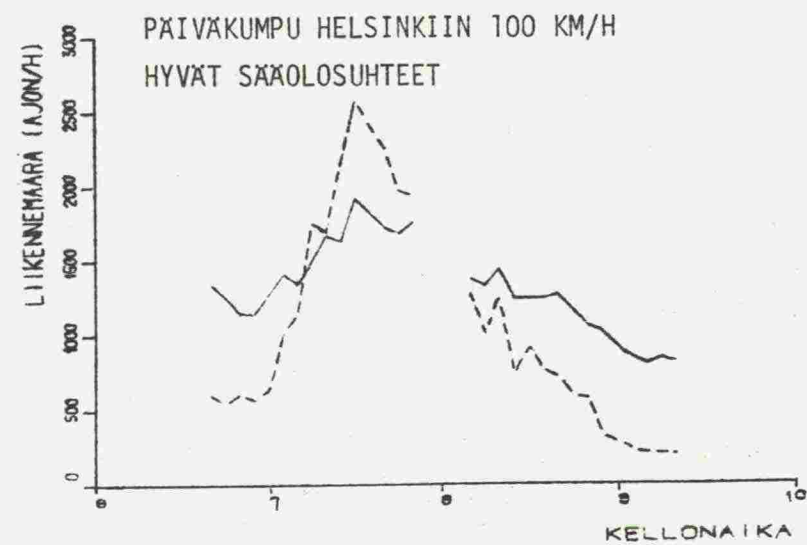
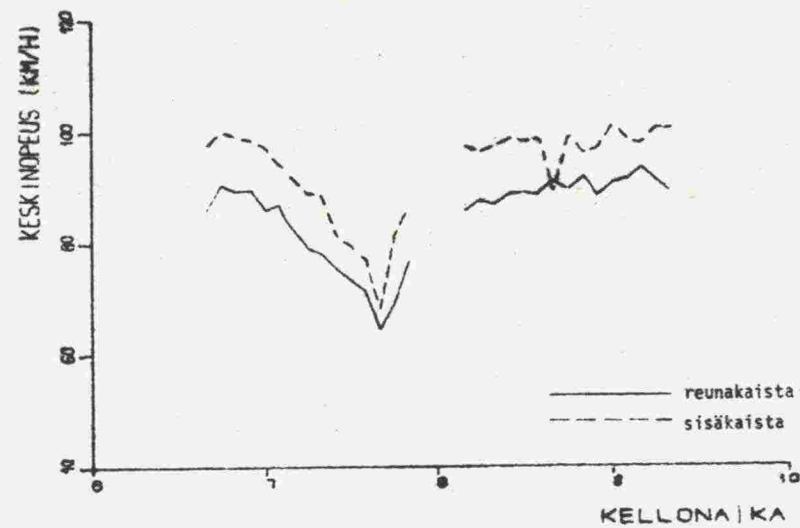
Kuva 38. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Karhusaarella Jorvaksen suuntaan 24.11.1981.



Kuva 39. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Karhusaarella Helsingin suuntaan 10.2.1982.

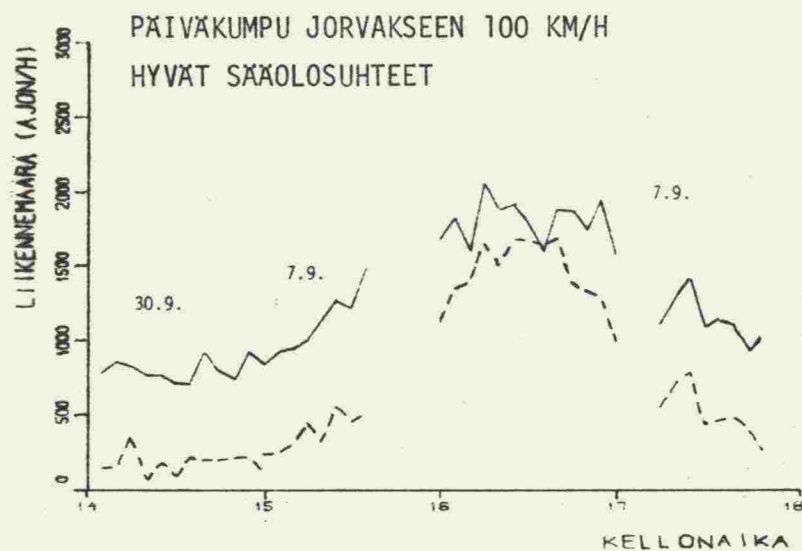
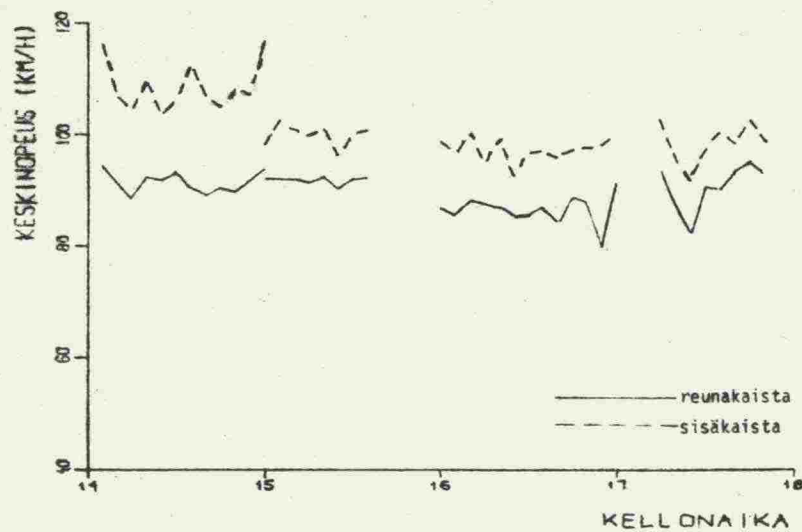


Kuva 40. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Karhusaarella Jorvaksen suuntaan 15.12.1981.

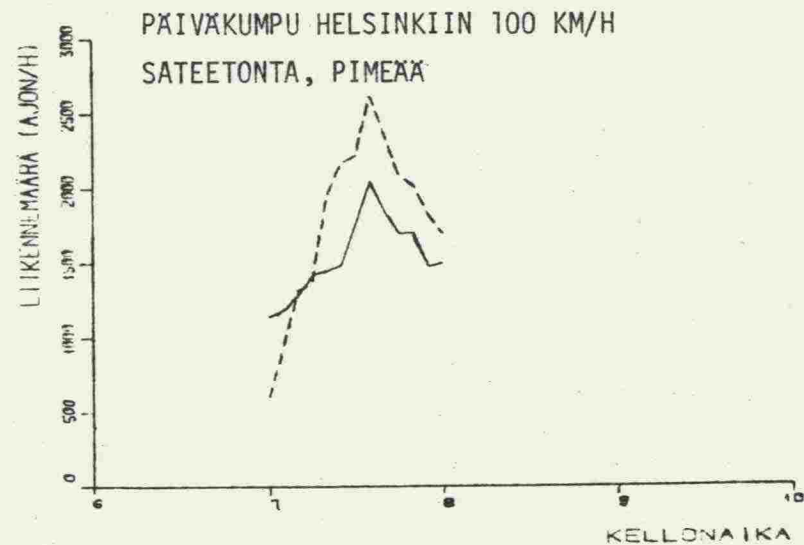
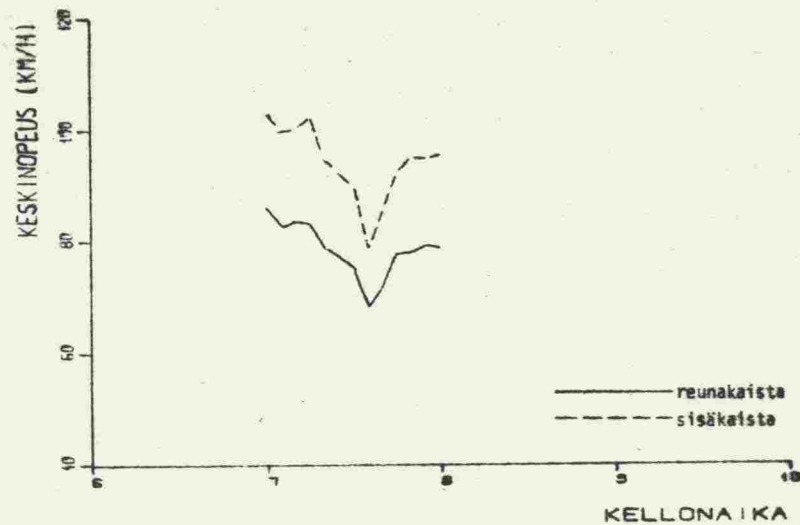


Kuva 41. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Päiväkummussa Helsinkiin suuntaan 17.9.1981.

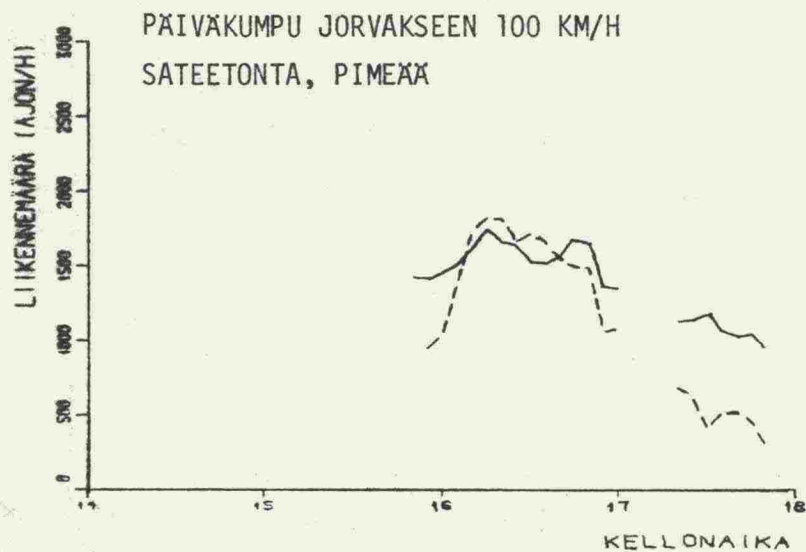
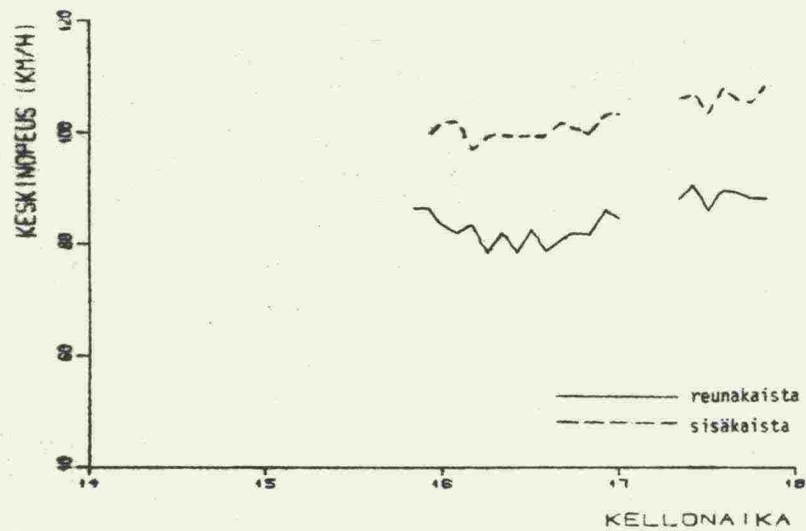




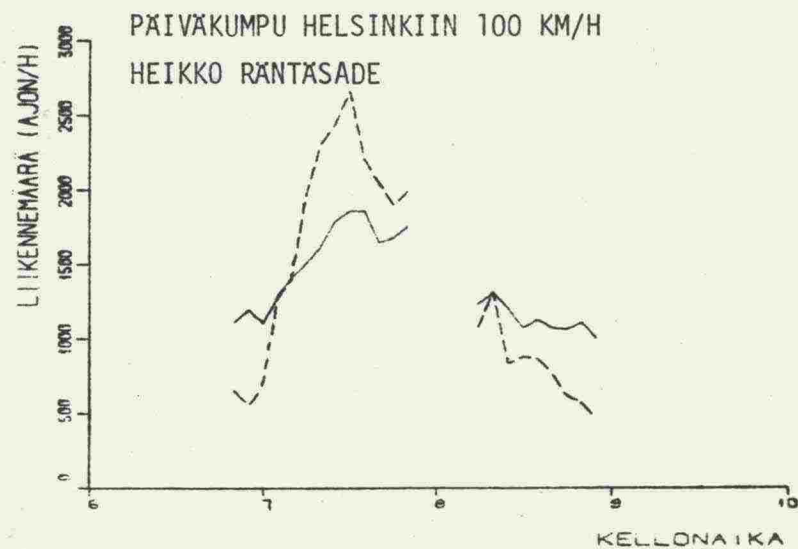
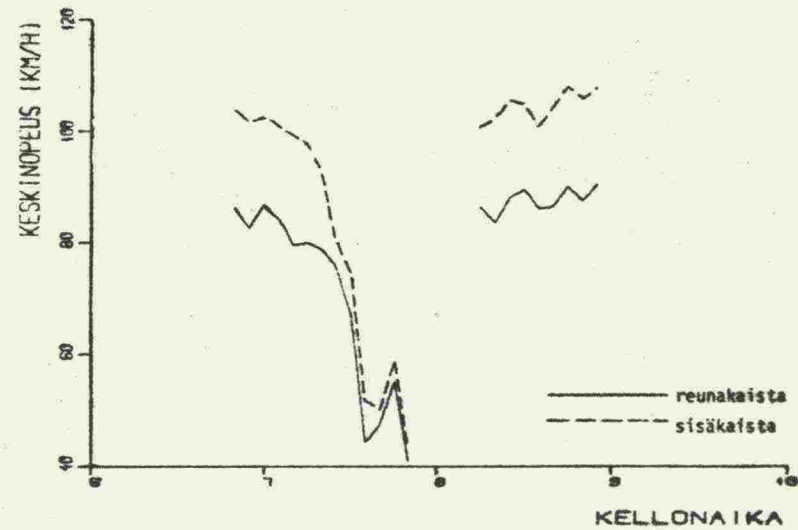
Kuva 42. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Päiväkumussa Jorvaksen suuntaan 7. ja 30.9.1981.



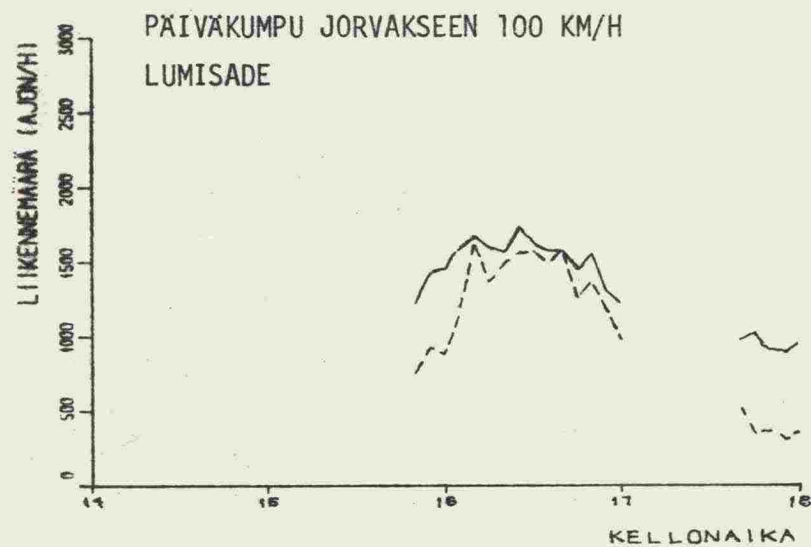
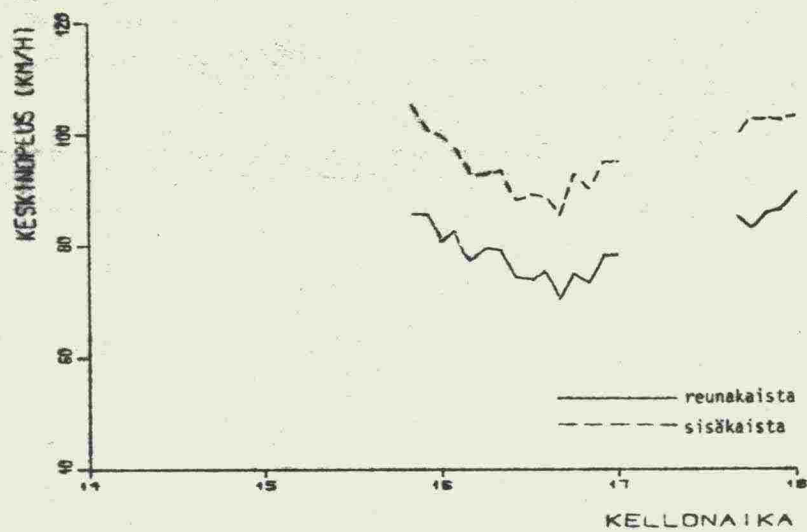
Kuva 43. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Päiväkumussa Helsingin suuntaan 25.11.1981.



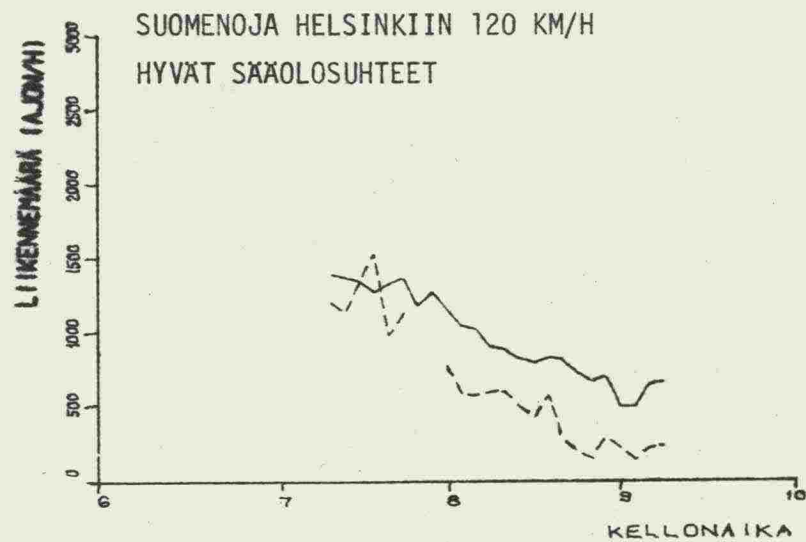
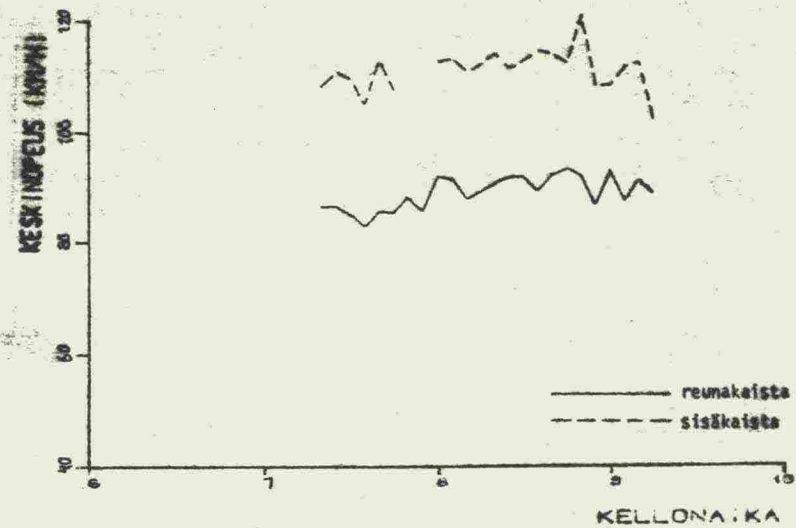
Kuva 44. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Päiväkummussa Jorvaksen suuntaan 25.11.1981.



Kuva 45. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Päiväkummussa Helsinkiin suuntaan 15.3.1982.

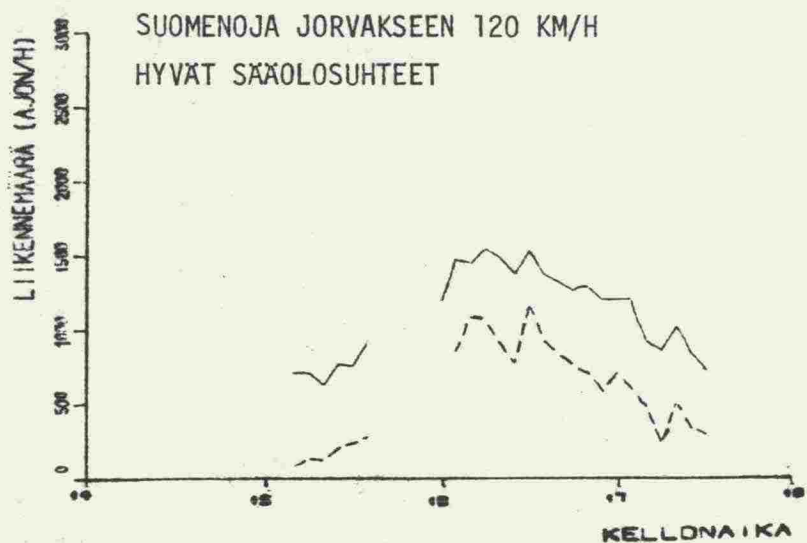
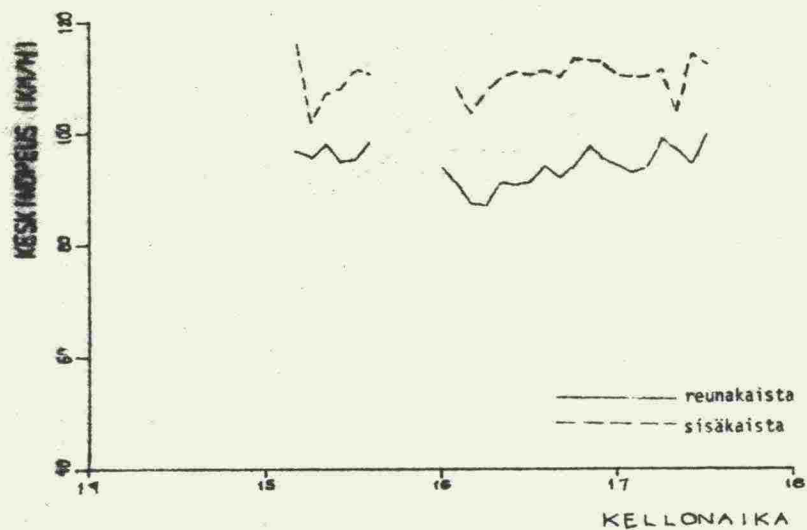


Kuva 46. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Päiväkummussa Jorvaksen suuntaan 26.1.1982.

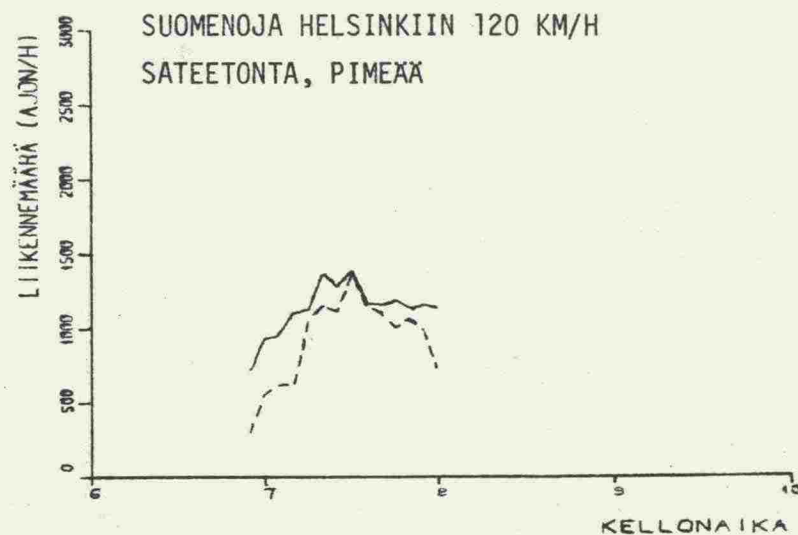
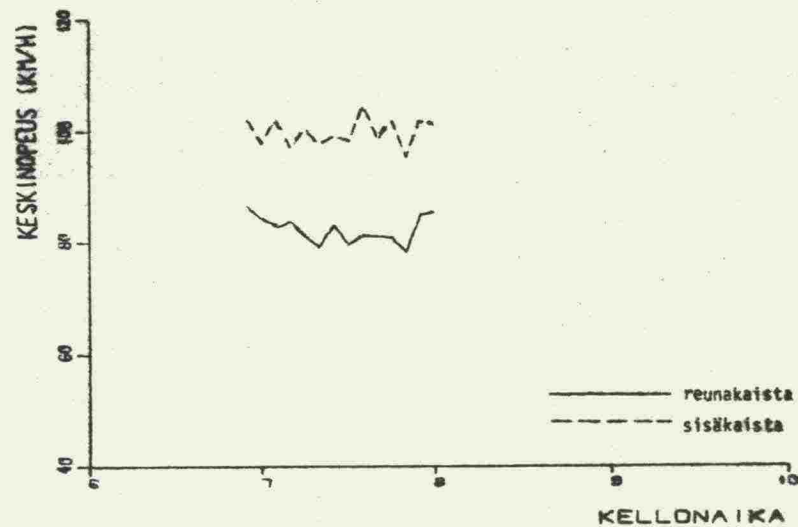


Kuva 47. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Suomenojalla Helsingin suuntaan 15.9.1981.

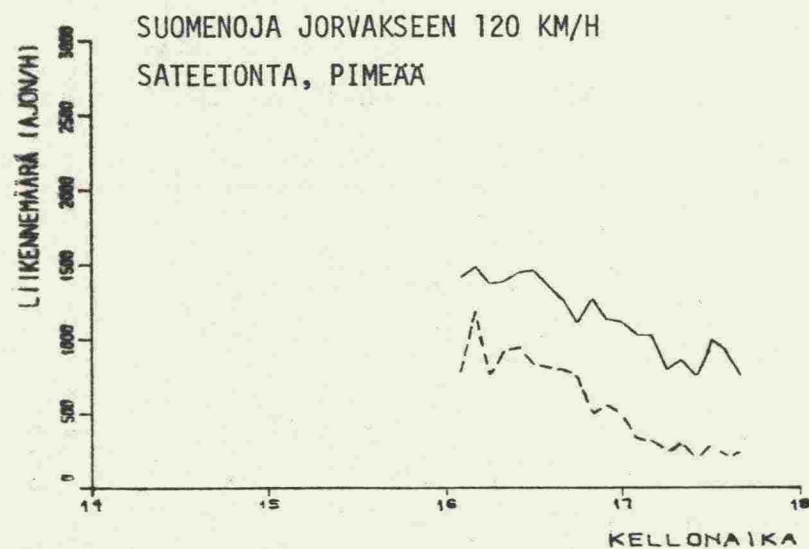
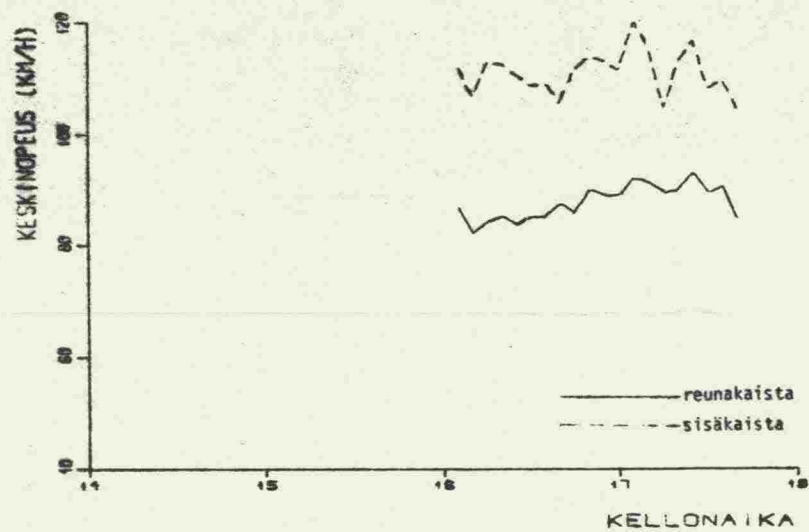




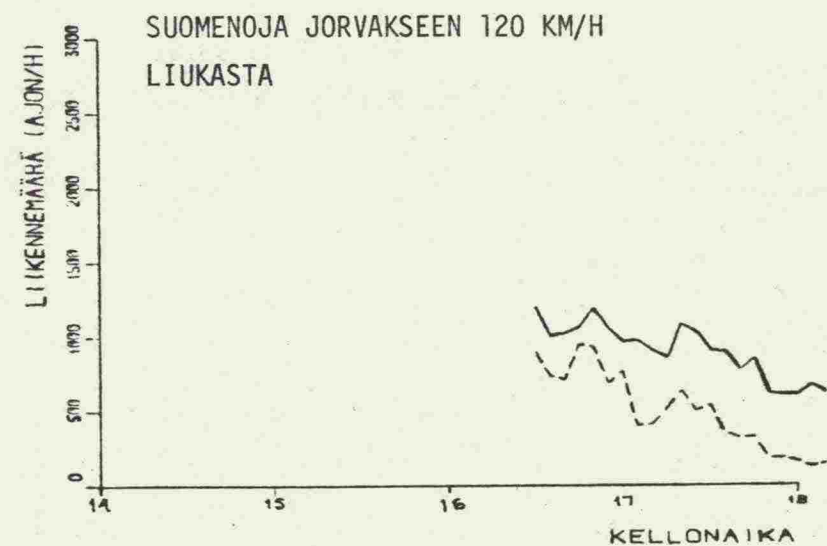
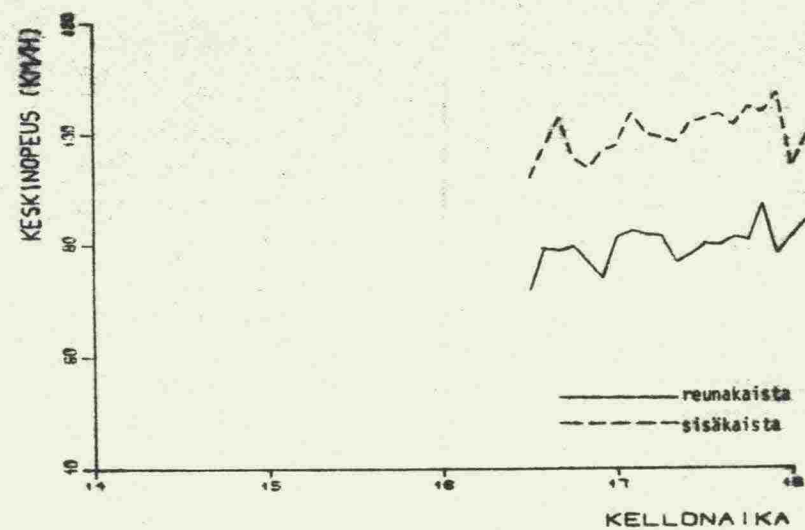
Kuva 48. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Suomenojalla Jorvaksen suunnassa 9.9.1981.



Kuva 49. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Suomenojalla Helsingin suunnassa 26.11.1981.



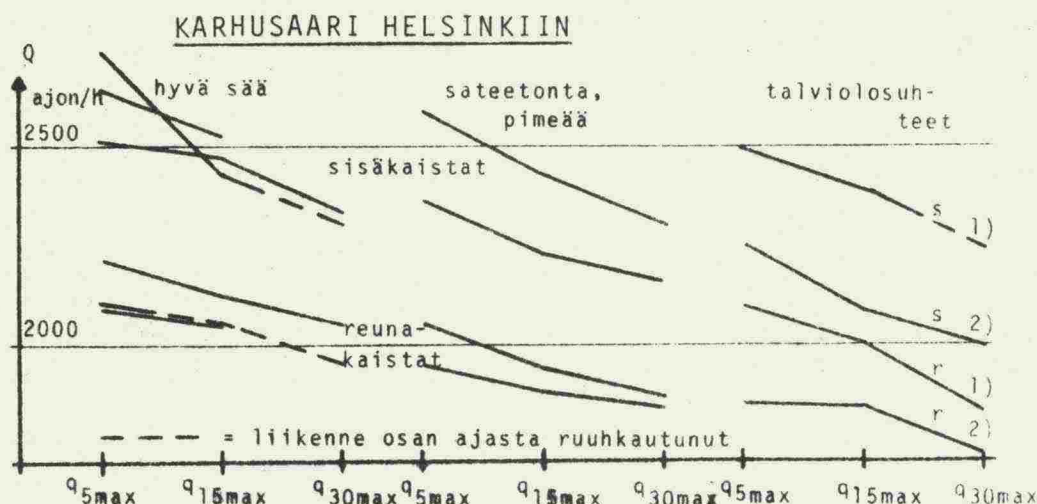
Kuva 50. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Suomenojalla Jorvaksen suunnassa 18.11.1981.



Kuva 51. Keskinopeuden ja liikennemäärän aikavaihtelut Suomenojalla Jorvaksen suunnassa 25.1.1982.

## 6.6 Maksimiliikennemäärät

Maksimiliikennemääriä tarkasteltiin niissä pisteissä, joissa esiintyivät suurimmat liikennemäärät. Päiväkummun mittauspisteen Helsingin suunnan ja Karhusaaren mittauspisteen molempien suuntien maksimaaliset 5, 15 ja 30 min liikennemäärät on esitetty kuvissa 52-54. Maksimiliikennemäärien esiintymisaikat sekä keskinopeudet esiintymisaikoina on esitetty liitteessä 3.



1) heikko räntäsade 15.3.82

r = reunakaista

2) lumisade 10.2.82

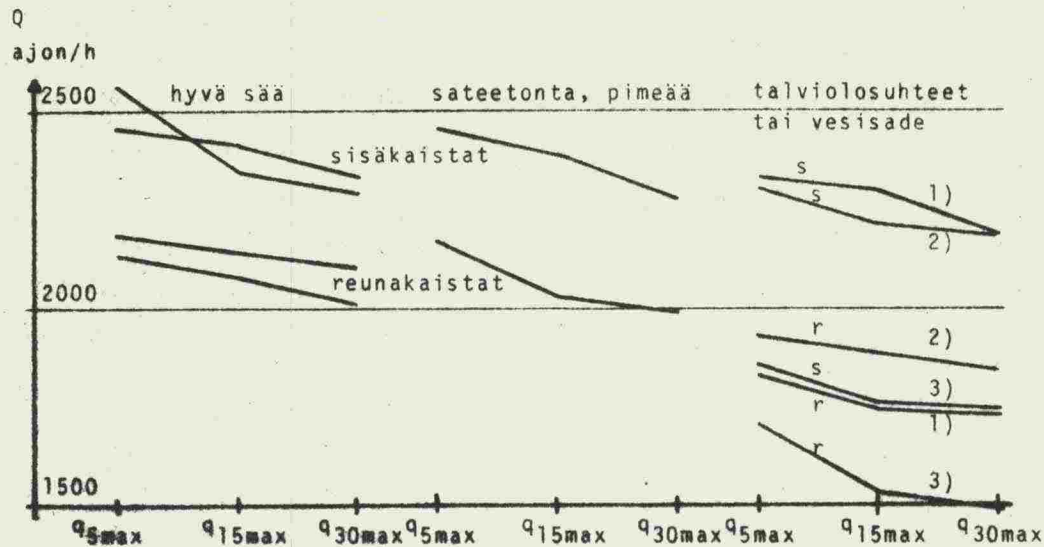
s = sisäkaista

Kuva 52. Maksimaaliset 5, 15 ja 30 min liikennemäärät Karhusaaren mittauspisteessä Helsingin suuntaan.

Olosuhteet vaikuttavat selvästi 5, 15 ja 30 min maksimiliikennemääriin. Sateettomissa, pimeissä olosuhteissa havaitut maksimiliikennemäärät olivat jonkin verran pienempiä kuin hyvissä olosuhteissa, vaikka tie olikin tarkastelukohdissa valaistu. Reuna- ja sisäkaistan maksimiliikennemäärien ero oli Päiväkummussa Helsingin suuntaan suurempi kuin Karhusaaren mittauspisteen ajoradoilla.

Myöhemmin esitettävissä liikennemäärä-tiheys-kuvaajissa esiintyvät suurimmat liikennemäärät ovat vastaavan suuruisia kuin havaitut 5 min maksimiliikennemäärät.





1) ajoradalla hieman lumisohjoa 10.2.82

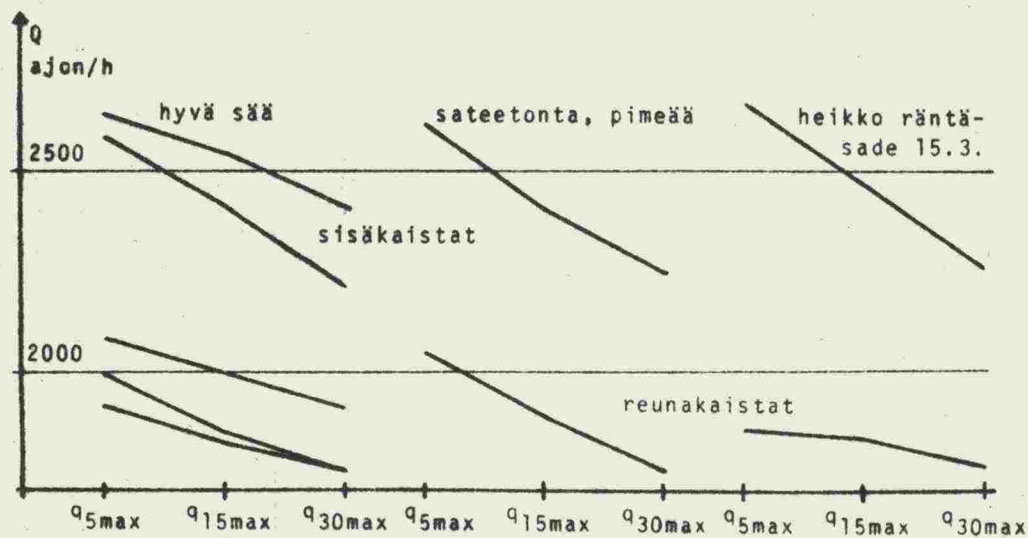
2) vesisade 24.11.81

3) lumisade 15.12.81

r = reunakaista

s = sisäkaista

Kuva 53. Maksimaaliset 5, 15 ja 30 min liikennemäärät Karhu-  
saaren mittauspisteessä Jorvaksen suuntaan.



Kuva 54. Maksimaaliset 5, 15 ja 30 min liikennemäärät Päi-  
väkummun mittauspisteessä Helsingin suuntaan.

Koko ajoradan maksimaaliset 5 min liikennemäärät (ajon/h) olivat seuraavat:

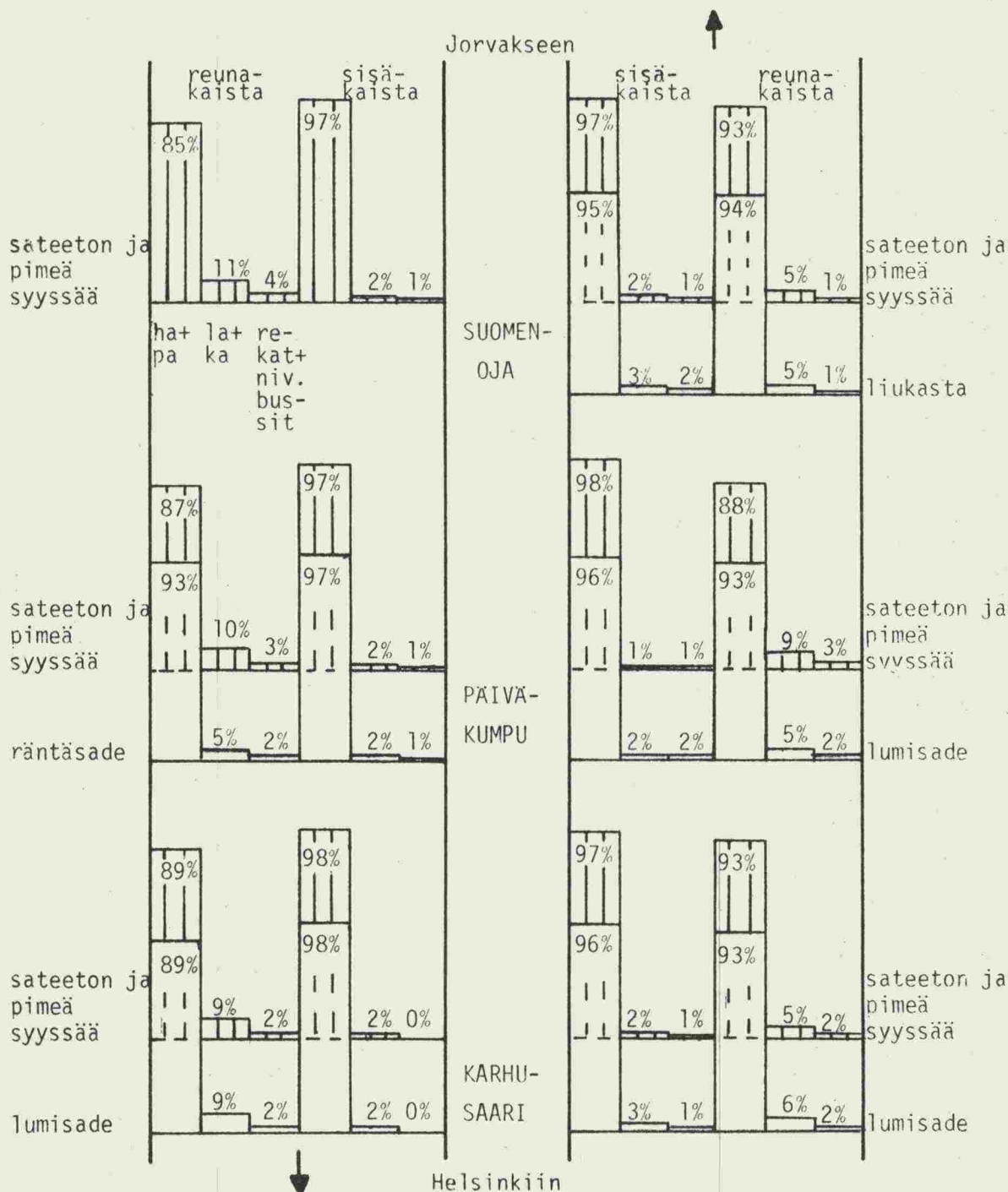
	Karhusaari		Päiväkumpu
	Helsinkiin	Jorvukseen	Helsinkiin
hyvä sää	4728 *	4704	4500
sateetonta, pim.	4632 *	4584	4668

\* bussikaista ei ole mukana

Nämä liikennemäärät ovat 95-100 % reuna- ja sisäkaistan maksimaalisten 5 min liikennemäärien summasta.

## 6.7 Liikenteen koostumus

Kuvassa 55 on esitetty liikenteen koostumus ruuhka-aikana eri mittauspisteissä kaksissa eri olosuhteissa. Aamuruuhkassa klo 7.00-8.00 on raskaan liikenteen osuus suurempi kuin iltaruuhkassa klo 15.50-16.50. Mittauspisteiden välillä ei ole olennaisia eroja eikä sää vaikuta liikenteen koostumukseen.



Kuva 55. Liikenteen koostumus eri mittauspisteissä eri olosuhteissa. Helsingin suunnan liikenteen koostumus on laskettu aamuruuhkasta klo 7.00-8.00 ja Jorvaksen suunnan liikenteen koostumus on laskettu iltaruuhkasta klo 15.50-16.50.



Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratorio on Päiväkummun mittauspisteessä Jorvaksen suunnan ajoradalla suorittanut v. 1978 käsinlaskentoja kahtena päivänä. Näissä käsinlaskennoissa ja Jari I:llä v.-81 ja -82 saadut keskimääräiset raskaan liikenteen osuudet iltaruuhkassa olivat seuraavat:

	käsinlaskennat v. -78	Jari I v. -81 ja -82
reunakaista	6,0 %	9,4 %
sisäkaista	2,1 %	3,1 %

Jari I:llä saadut raskaan liikenteen osuudet olivat siis hieman suurempia kuin käsinlaskennoissa v. -78 saadut osuudet. Ero saattaa johtua liikenteen koostumuksen satunnaisvaihteluista, mutta on myös mahdollista, että Jari I:llä mitattujen ajoneuvojen luokittelussa käytettiin kevyen ja raskaan liikenteen välillä luokkarajana hieman virheellistä ajoneuvon pituutta.

## 7. JORVAKSENTIEN LIIKENNEVIRTAKUVAAJAT

### 7.1 Kuvaajien muodostaminen

Mittaukset jaettiin vakiopituisiin, peräkkäisiin havaintojaksoihin. Havaintojakson pituudeksi valittiin 5 min. Tätä havaintojaksojen muodostamistapaa tukivat luvuissa 2.3 ja 2.4 esitetyt tarkastelut. Useimpien kirjallisuudessa esitettyjen liikennevirtakuvaajien muodostamisessa on käytetty vakiopituisia 5 min havaintojaksoja. Saman havaintojaksojen muodostamistavan valinta mahdollistaa tässä tutkimuksessa muodostettujen kuvaajien ja näiden kirjallisuudessa esitettyjen kuvaajien vertailut.

Jokaisesta 5 min havaintojaksosta laskettiin liikennemäärä ja keskinopeus, joista edelleen laskettiin liikennetiheys. Tarkasteltavista liikennevirroista piirrettiin d-v-, d-q- ja q-v-pisteistöt. Kuvassa 56 on esimerkki tällaisesta pisteistösarjasta.

Tarkasteltaessa kirjallisuudessa esitettyjen erilaisten liikennevirtakuvaajien perusmuotojen sopivuutta Jorvaksentien liikennevirran kuvaamiseen sovitettiin useita erilaisia kuvaajia muutamien muodoltaan Jorvaksentielle tyypillisiin v-d-pisteistöihin. Tällöin havaittiin, että parhaiten Jorvaksentiellä mitattuihin v-d-pisteistöihin sopivia kuvaajia saatiin käyttäessä seuraavia perusmuotoja:

$$v = v_v \cdot \left(1 - \frac{d}{d_m}\right) \quad (\text{Greenshielsin malli}) \quad (19)$$

$$v = v_v \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{d}{d_{kr}}\right)^2} \quad (\text{Mayn malli}) \quad (20)$$

$$v = v_v \cdot e^{-\frac{1}{3} \left(\frac{d}{d_{kr}}\right)^3}, \quad (21)$$

joissa  $v$  = keskinopeus,

$d$  = liikennetiheys,

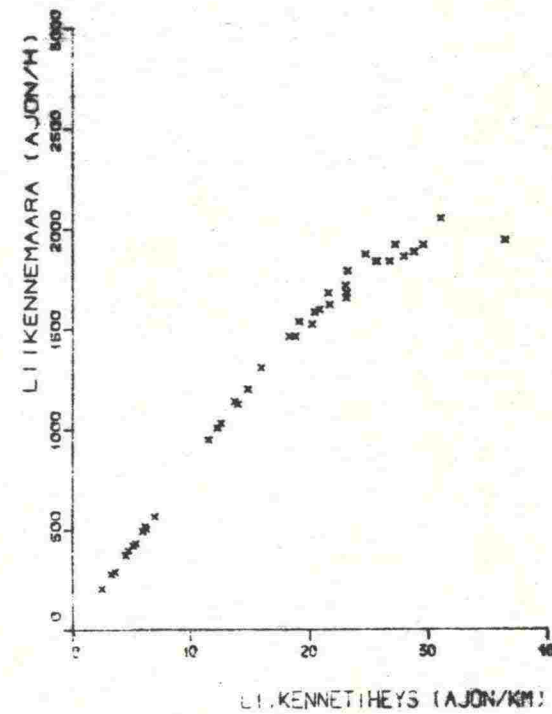
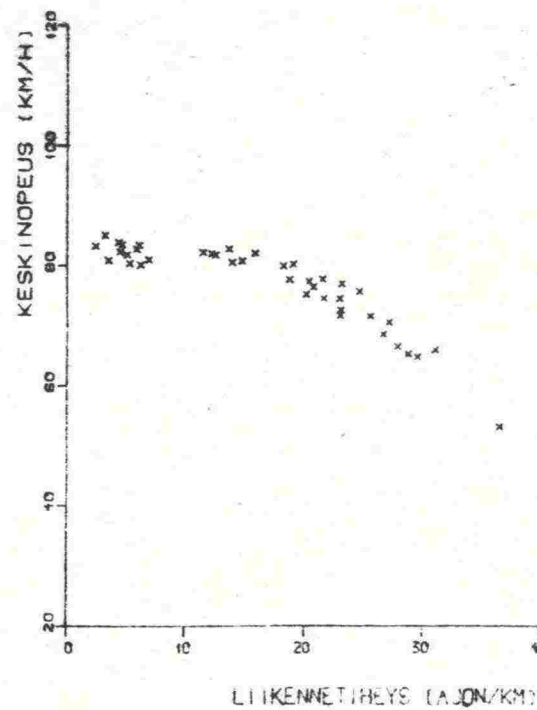
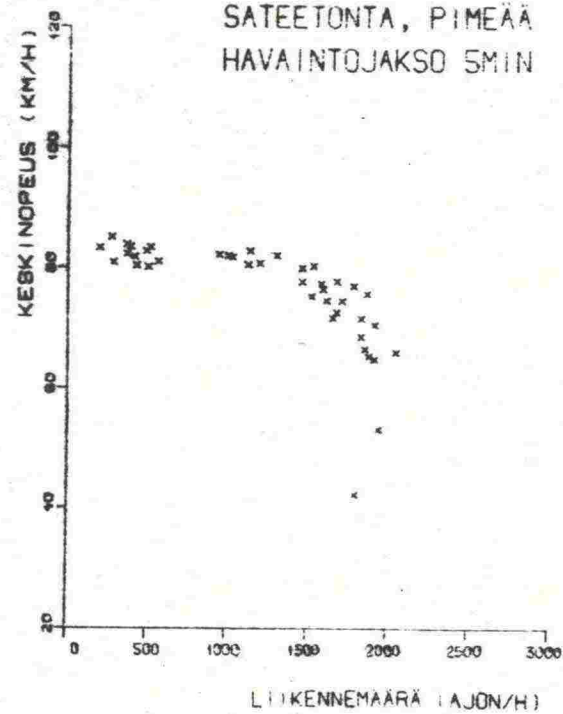
$v_v$  = vapaa nopeus,

$d_{kr}$  = kriittinen tiheys ja

$d_m$  = maksimitiheys.

} estimoitavia parametrejä

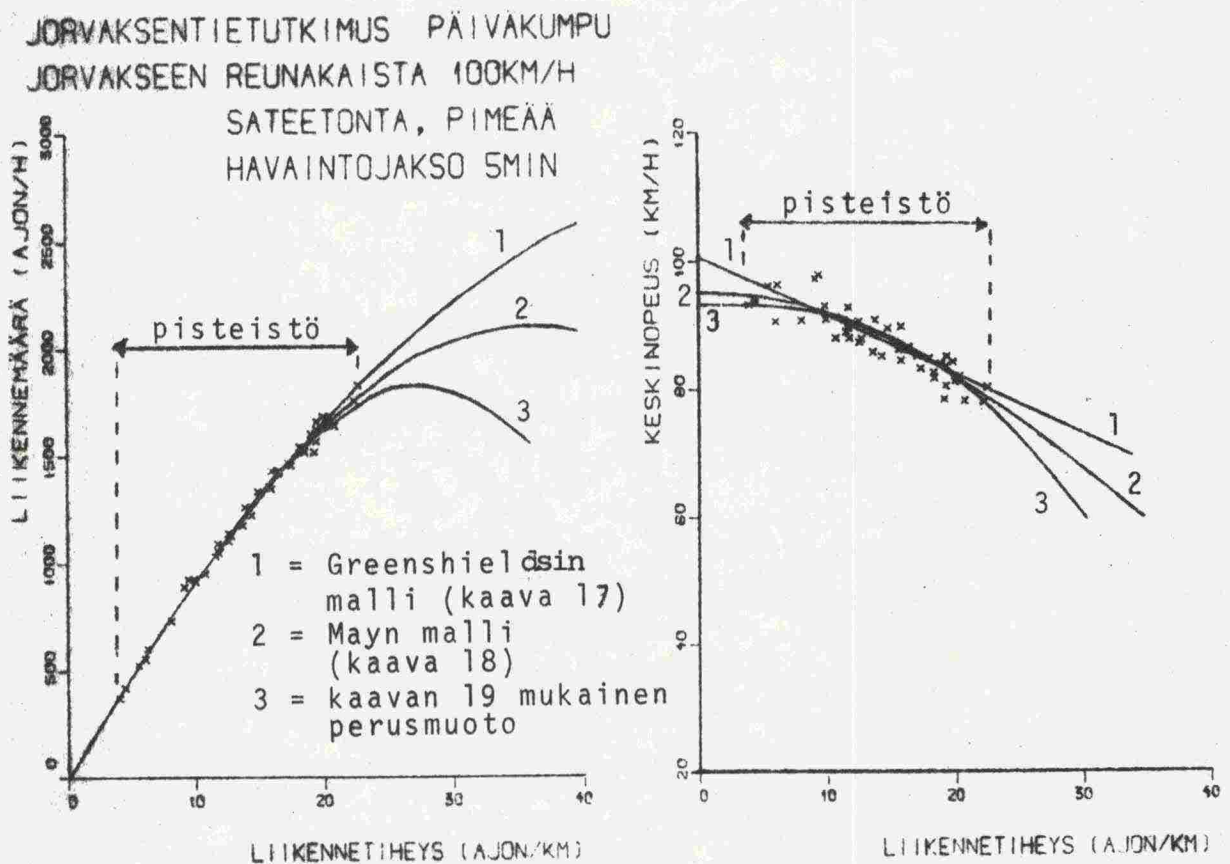
JORVAKSENTIETUTKIMUS KARHUSAARI  
 HELSINKIIN REUNAKAISTA 80KM/H  
 SATEETONTA, PIMEÄÄ  
 HAVAINTOJAKSO 5MIN



Kuva 56. Esimerkki liikennevirran perussuureiden välisistä pisteistöistä.



Kun jatkossa näitä perusmuotoja sovitettiin useisiin v-d-pisteistöihin, havaittiin Mayn malli useimmiten pisteistöön parhaiten sopivaksi. Koska Mayn malli on muodoltaan edellä esitetyn kahden muun mallin "välissä", se kuvaa melko hyvin myös niitä pisteistöjä, joihin parhaiten sopiva malli on jompi kumpi kahdesta muusta edellä esitetystä mallista. Näistä syistä Mayn mallia käytetään jatkossa, kun verrataan Jorvaksentien eri mittauspisteiden ja eri olosuhteiden liikennevirtoja. Perusmuodoltaan erilaisten kuvaajien tarkastelussa ilmeni myös, että perusmuoto vaikuttaa erittäin paljon kuvaajan muotoon. Tämän vuoksi saatuja kuvaajia ei pidä laajentaa pisteistöjen arvoalueiden ulkopuolelle. Kuvas-  
sa 57 on esitetty eri perusmuodoilla saatuja saman pisteis-  
tön kuvaajia.



Kuva 57. Eri perusmuodoilla saadut saman pisteistön liikennevirtakuvaajat.

Kuvaajat sovitettiin v-d-pisteistöön lineaarisella regressioanalyysillä, joten sovitettava perusmuoto täytyi muuttaa ennen sovitusta lineaariseen muotoon. Ottamalla Mayn mallin

kummastakin puolesta luonnollinen logaritmi saatiin mallille seuraava muoto:

$$\underbrace{\ln(v)}_{\text{seli-  
tettävä  
muutt.}} = \underbrace{\ln(v_v)}_{\text{vakio}} - \underbrace{\frac{1}{2 \cdot d_{kr}^2}}_{\text{kerroin}} \cdot \underbrace{d^2}_{\text{selittäjä}} \quad (22)$$

Selitettäväksi muuttujaksi tuli näin ollen  $v$ :n sijasta  $\ln(v)$ . Tällöin sovituksessa korostuu hieman  $v$ :n arvoasteikon alapäässä olevien selitysvirheiden merkitys verrattuna arvoasteikon yläpäässä oleviin selitysvirheisiin. Sovituksen luotettavuus ei tästä kuitenkaan kärsi. Lineaarisen sovituksen vakion ja kertoimen arvoista voidaan laskea Mayn mallin parametrien  $v_v$  ja  $d_{kr}$  arvot seuraavasti:

$$v_v = e^{\text{vakio}} \quad \text{ja} \quad (23)$$

$$d_{kr} = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot \text{kerroin}}}.$$

Saadut parametrien arvot sijoitettiin mallin perusmuotoon, jonka jälkeen laskettiin vielä kuvattavan  $v$ - $d$ -pisteistön nopeusarvojen ja Mayn mallin antamien vastaavien arvojen välinen korrelaatiokerroin.

Keskinopeuden ja liikennetiheyden välisistä kuvaajista muodostettiin liikennemäärän ja -tiheyden väliset kuvaajat liikennevirran perusyhtälön avulla. Muutamissa koesovituksissa havaittiin, että näin saadut kuvaajat poikkeavat erittäin vähän suoraan kuvattavaan pisteistöön sovitetusta kuvaajista. Näin ollen hyöty, joka mahdollisesti olisi koinutun kuvaajien sovittamisesta suoraan kuvattavaan pisteistöön, olisi ollut pieni verrattuna lisääntyneeseen työmäärään ja tietokoneajan tarpeeseen. Myös  $q$ - $d$ -pisteistöjen liikennemääräarvojen ja muodostettujen  $q$ - $d$ -kuvaajien antamien vastaavien arvojen välisille riippuvaisuuksille laskettiin korrelaatiokertoimet.

Muodostettaessa liikennevirtakuvaajia mittauksista, joissa liikennevirta oli ollut osan ajasta ruuhkautunut, ilmeni, ettei päästä kovin hyvään tulokseen, jos ruuhkautunutta



liikennevirtaa kuvataan samalla kuvaajalla kuin ruuhkautumantonta liikennevirtaa. Tämän vuoksi käytettiin lähteessä /1/ esitettyä menettelytapaa: Ruuhkautuneen liikennevirran q-d-pisteistöön (ei siis v-d-pisteistöön) sovitetaan kuvaaja, jossa liikennemäärä on liikennetiheydestä riippumaton vakio. Näin saatu ruuhkautuneen liikennevirran kuvaaja muutettiin liikennevirran perusyhtälöä käyttäen kuvaajaksi myös v-d-pisteistöön. Kuvaajan vakioliikennemäärä on liikenteen ruuhkautuneen pullonkaulan välityskyky ruuhkautuneella liikennevirralla. Ruuhkautuneen liikennevirran kuvaaja ei siis kuvaa niinkään mittauspistettä kuin edessä olevaa pullonkaulaa.

## 7.2 Muodostetut kuvaajat

Muodostettujen liikennevirtakuvaajien parametrit sekä selityssasteet v-d- ja q-d-pisteistöissä on esitetty taulukoissa 10-12. Lisäksi taulukoissa on esitetty liikennetiheyden vaihtelualue pisteistöissä, joihin kuvaajat on sovitettu. Arviot vapaan nopeuden ja kriittisen tiheyden arvojen luotettavuudesta on esitetty seuraavilla merkinnoilla:

\* = luotettava vapaan nopeuden arvo

+ = melko luotettava vapaan nopeuden arvo tai suuntaa antava kriittisen tiheyden arvo

(ei merkintää = suuntaa antava vapaan nopeuden arvo tai epäluotettava kriittisen tiheyden arvo).

Taulukko 10. Hyvien olosuhteiden liikennevirtakuvaajien tunnusluvut.

mitt.piste	suunta	kaista	vakaan liikennevirran kuvaaja					epävakaan liik.virran kuvaaja	
			v <sub>v</sub>	d <sub>kr</sub>	v-d-kuvaaja r <sup>2</sup>	d:n arvo- alue	q-d-kuvaaja r <sup>2</sup>	q	d:n arvo- alue
Karhusaari	H:ki	reunak.	+ 86,7	45,3	0,598	10-44	0,984	1869	40-46
		sisäk.	* 91,1	53,1	0,912	1-39	0,999	2178	39-51
	Jorvas	reunak.	89,5	43,4	0,888	11-31	0,991	-	-
		sisäk.	*102,7	48,6	0,864	2-30	0,998	-	-
Päiväkumpu	H:ki	reunak.	+ 94,9	+35,2	0,946	5-32	0,907	1572	35-71
		sisäk.	*104,1	40,0	0,800	1-35	0,993	1668	36-77
	Jorvas	reunak.	+ 93,5	51,7	0,602	7-25	0,993	-	-
		sisäk.	*103,5	41,2	0,352	1-18	0,998	-	-
Suomenoja	H:ki	reunak.	+ 93,8	36,9	0,516	4-16	0,996	-	-
		sisäk.	*112,9	40,8	0,200	1-15	0,999	-	-
	Jorvas	reunak.	+ 96,3	50,0	0,293	4-18	0,996	-	-
		sisäk.	*111,8	38,8	0,133	1-11	0,998	-	-



Taulukko 11. Sateettomien, pimeiden olosuhteiden liikennevirtakuvaajien tunnusluvut.

mitt.piste	suunta	kaista	vakaan liikennevirran kuvaaja				
			$v_v$	$d_{kr}$	v-d- kuvaaja $r^2$	d:n arvo- alue	q-d- kuvaaja $r^2$
Karhusaari	H:ki	reunak.	+ 85,9	39,5	0,907	2-40	0,991
		sisäk.	* 95,6	+42,1	0,918	1-43	0,991
	Jorvas	reunak.	+ 90,3	41,3	0,937	3-32	0,996
		sisäk.	*104,1	46,5	0,903	1-28	0,999
Päiväkumpu	H:ki	reunak.	+ 93,9	34,9	0,953	3-31	0,999
		sisäk.	*107,1	41,5	0,941	1-33	0,999
	Jorvas	reunak.	+ 95,2	36,3	0,823	3-22	0,994
		sisäk.	*107,2	43,3	0,720	1-20	0,999
Suomenoja	H:ki	reunak.	88,5	36,8	0,555	7-17	0,980
		sisäk.	*101,0	62,4	0,060	3-14	0,993
	Jorvas	reunak.	92,3	39,5	0,581	7-18	0,991
		sisäk.	*112,0	40,4	0,078	2-11	0,998

Vain eräissä tapauksilla (merkitty +-merkillä) taulukoissa 10-12 esitetyt kriittiset tiheydet saavat tukea havaituista liikenteen käyttäytymisestä. Muissa tapauksissa laskennalliset kriittisen tiheyden arvot eivät ole luotettavia todellisen kriittisen tiheyden estimaatteja.

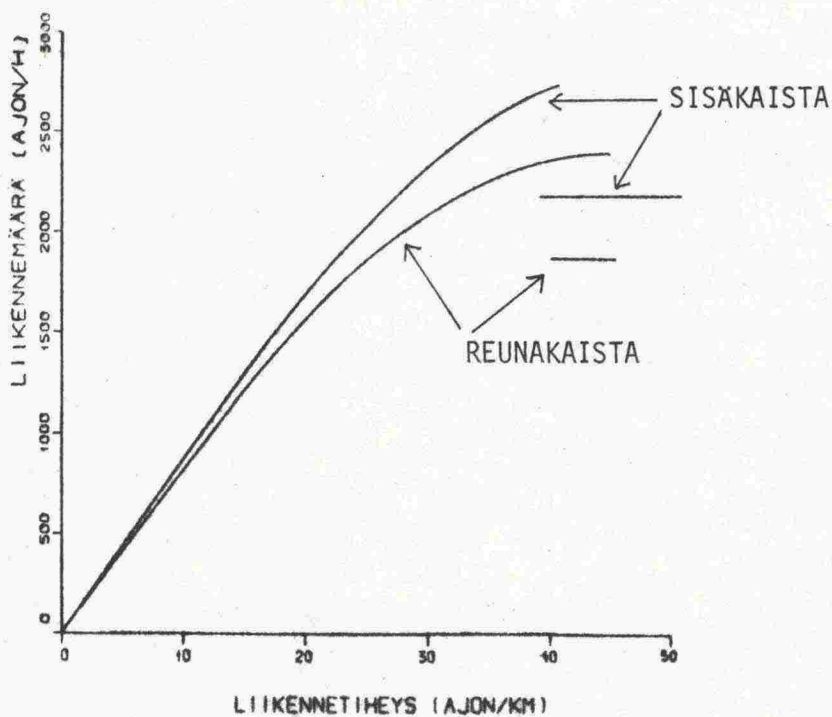
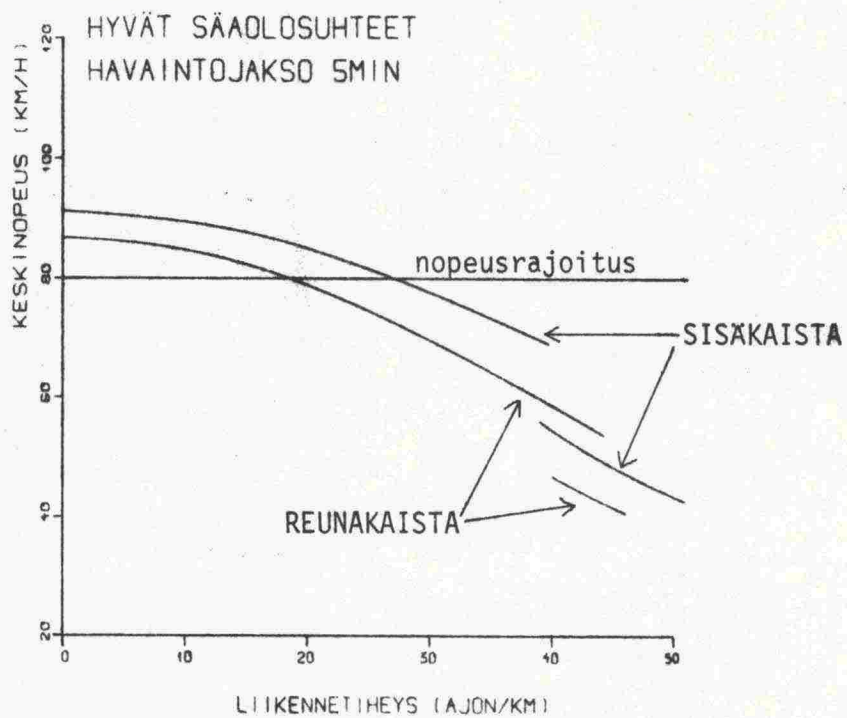
Hyvien sekä sateettomien, pimeiden olosuhteiden kuvaajien vapaat nopeudet ovat useimmiten melko luotettavia, koska näissä mittauksissa mitattiin liikennevirtaa myös pienillä liikennetiheyksillä. Talviolosuhteissa ei mittauksia pienillä liikennetiheyksillä sen sijaan juuri tehty, joten vapaiden nopeuksien arvot saattavat poiketa todellisista vapaista nopeuksista.

Taulukko 12. Talvi- ja vesisadeolosuhteiden liikennevirtakuvaa-  
jien tunnusluvut.

mitt.piste olosuhteet, pvm	suunta	kaista	vakaan liikennevirran kuvaaja					epävakaan liik.virran kuvaaja	
			$v_v$	$d_{kr}$	$v-d$ kuvaaja $r^2$	$d:n$ arvo- alue	$q-d$ kuvaaja $r^2$	$q$	$d:n$ arvo- alue
<u>Karhusaari:</u>									
heikkoo lumi- sadetta 7.12.81	H:ki	reunak.	83,1	35,9	0,895	13-30	0,974	1485	25-38
		sisäk.	+88,8	39,4	0,963	5-33	0,999	1643	31-39
lumisade 10.2.-82	H:ki	reunak.	76,8	+39,4	0,898	15-38	0,938	-	-
		sisäk.	86,4	+39,5	0,960	8-40	0,976	-	-
räntäsade 15.3.-82	H:ki	reunak.	89,1	+38,6	0,979	14-49	0,947	-	-
		sisäk.	+92,7	49,1	0,936	4-34	0,997	2126	34-50
ajoradalla hie- man sohjoa 10.2.	Jorvas	reunak.	83,1	39,0	0,847	18-29	0,952	-	-
		sisäk.	96,7	44,7	0,973	15-31	0,996	-	-
lumisade 15.2.-81	Jorvas	reunak.	72,9	35,4	0,863	9-32	0,969	-	-
		sisäk.	*87,0	+34,2	0,893	4-31	0,993	-	-
räntäsade 12.3.-82	Jorvas	reunak.	76,9	+32,5	0,926	9-33	0,954	-	-
		sisäk.	+91,7	+31,5	0,967	4-39	0,989	-	-
<u>Päiväkumpu:</u>									
räntäsade	H:ki	reunak.	93,4	34,3	0,946	10-28	0,993	1734	30-43
15.3.-82		sisäk.	+105,8	42,8	0,949	4-36	0,998	2034	32-46
lumisade	Jorvas	reunak.	88,9	37,6	0,738	9-24	0,991	-	-
26.1.-82		sisäk.	*103,3	31,8	0,903	3-18	0,998	-	-
ajourien välissä	Jorvas	reunak.	87,3	29,3	0,813	10-19	0,976	-	-
lumikasaunia 16.2.		sisäk.	+100,4	30,3	0,894	4-17	0,997	-	-
<u>Suomenoja:</u>									
liukasta	Jorvas	reunak.	86,5	29,1	0,687	6-16	0,988	-	-
25.1.-82		sisäk.	+102,8	23,9	0,482	1-10	0,998	-	-
<u>Karhusaari:</u>									
vesisade	Jorvas	reunak.	87,2	+36,1	0,946	12-31	0,973	-	-
24.11.-81		sisäk.	+100,5	38,0	0,962	4-30	0,995	-	-

Muodostettuja liikennevirtakuvaajia on vertailtu graafisesti kuvissa 58-70. Kuvissa 58-60 on tarkasteltu sisä- ja reuna-  
kaistojen välisiä eroja hyvällä säällä. Kuvissa 61-64 on  
vertailtu eri mittauspisteiden reunakaistoja keskenään ja  
sisäkaistoja keskenään ensin hyvissä olosuhteissa ja sen  
jälkeen sateettomissa, pimeissä olosuhteissa. Kuvissa 65-  
70 on tarkasteltu olosuhteiden vaikutusta liikennevirtaku-  
vaajiin.

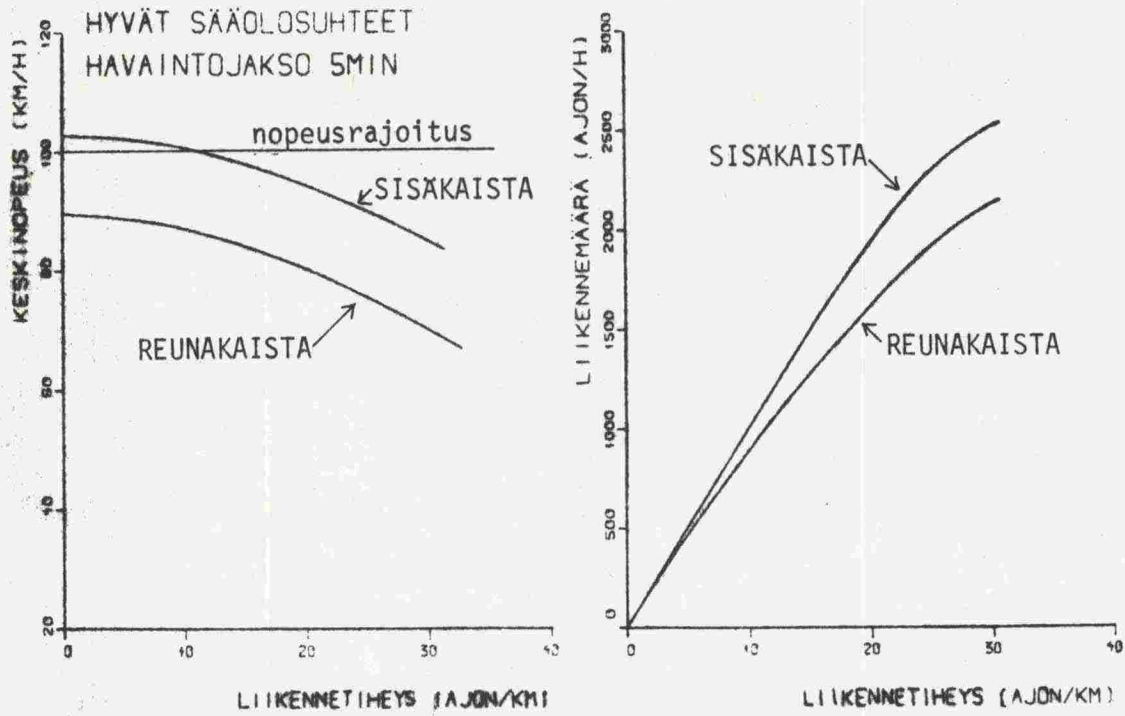
JORVAKSENTIETUTKIMUS KARHUSAARI  
HELSINKIIN 80KM/H



Kuva 58a. Karhusaaren mittauspisteen Helsinkiin johtavien kaistojen liikennevirtakuvaajien vertailu.

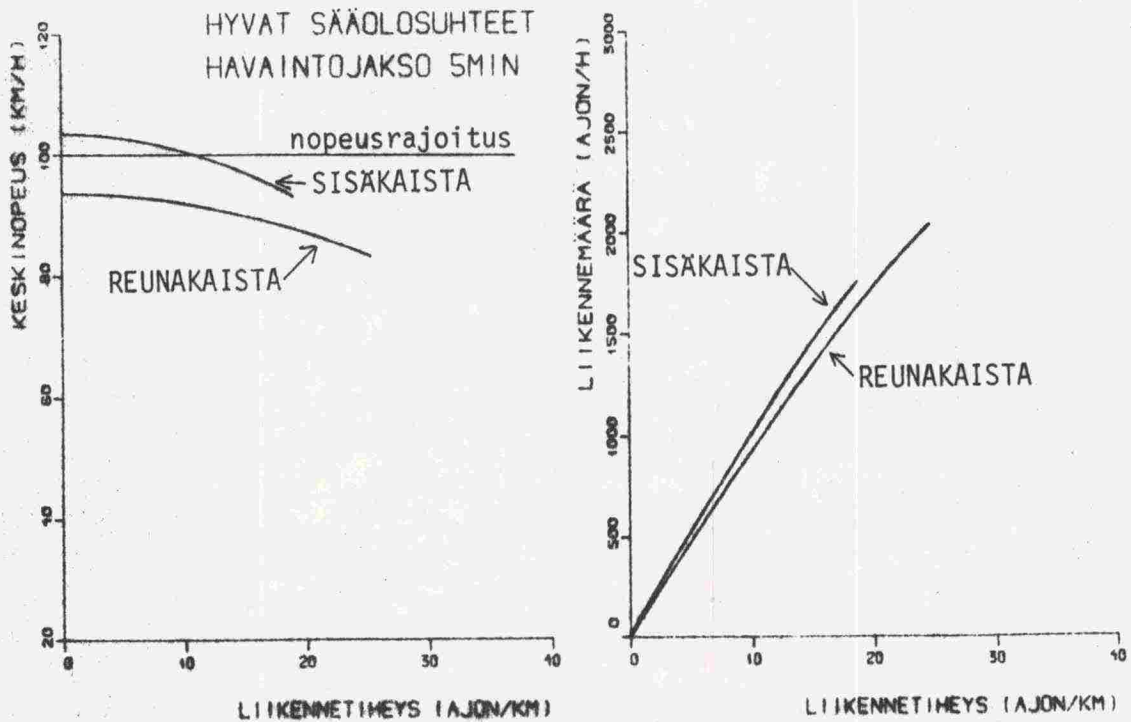


JORVAKSENTIETUTKIMUS KARHUSAARI  
JORVAKSEEN 100KM/H

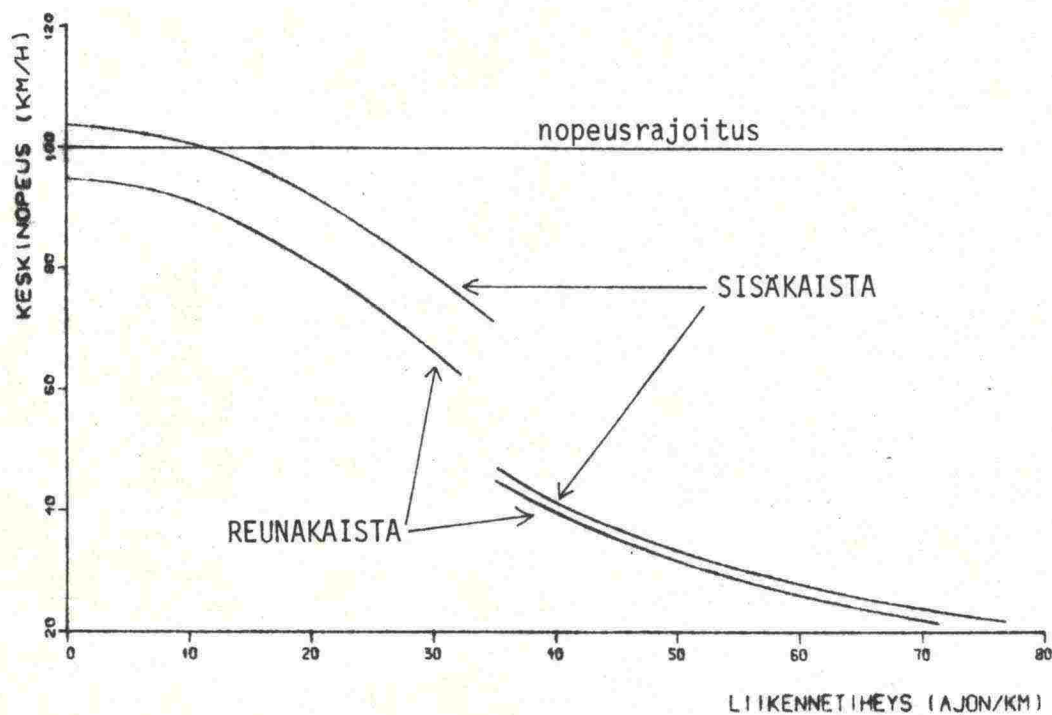
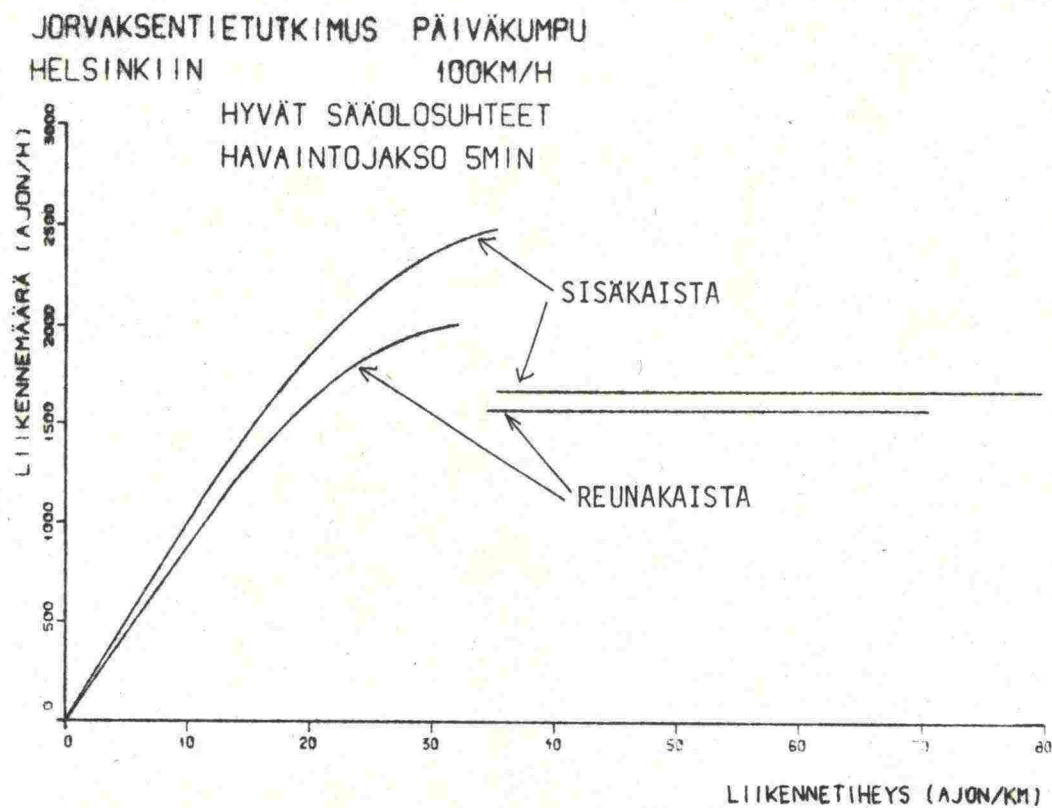


Kuva 58 b. Karhusaaren mittauspisteen Jorvakseen johtavien kaistojen liikennevirtakuvaajien vertailu.

JORVAKSENTIETUTKIMUS PÄIVÄKUMPU  
JORVAKSEEN 100KM/H

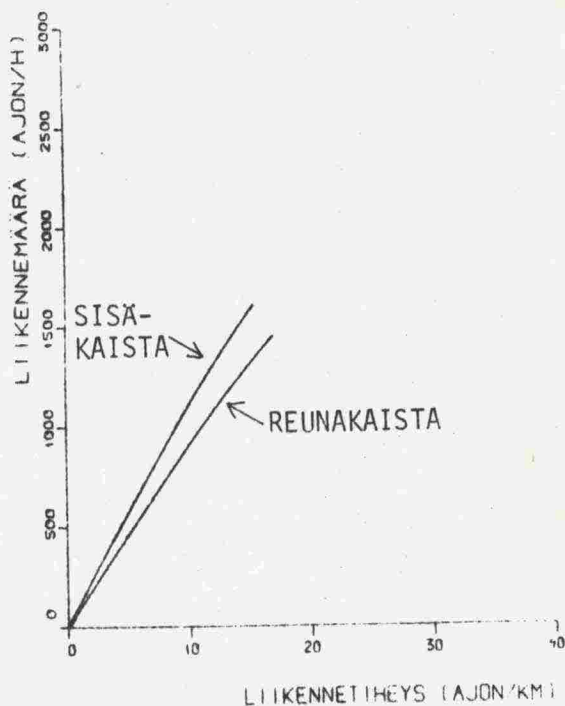
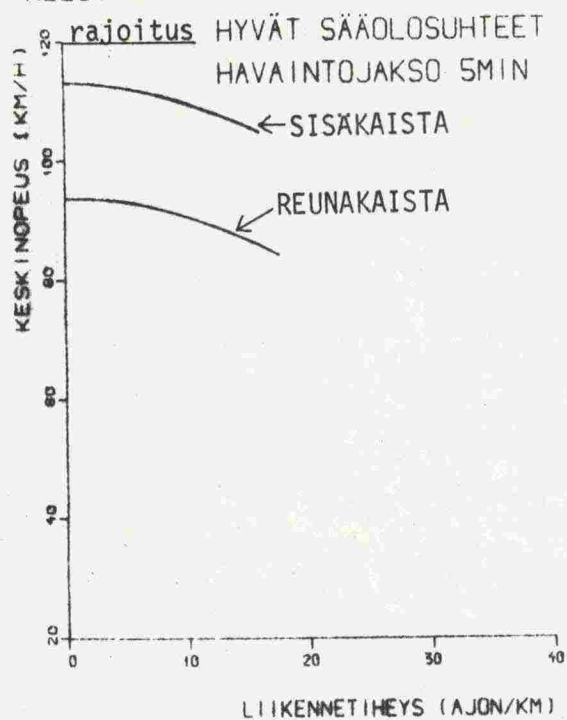


Kuva 59 a. Päiväkummun mittauspisteen Jorvakseen johtavien kaistojen liikennevirtakuvaajien vertailu.

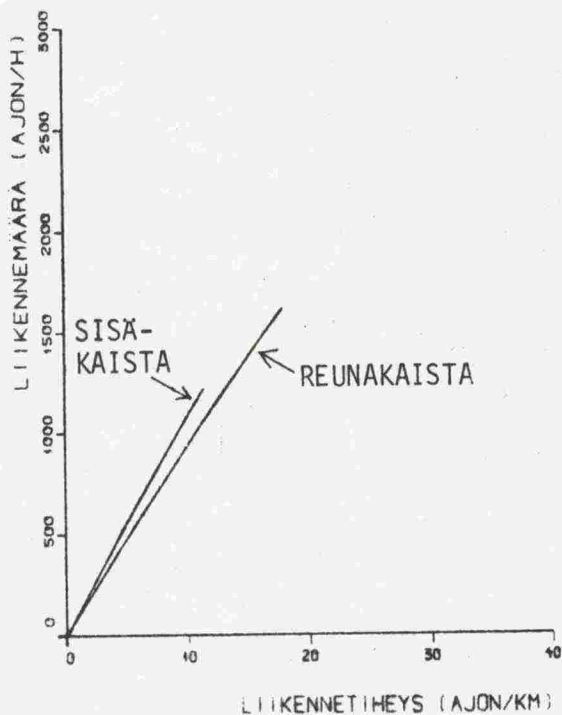
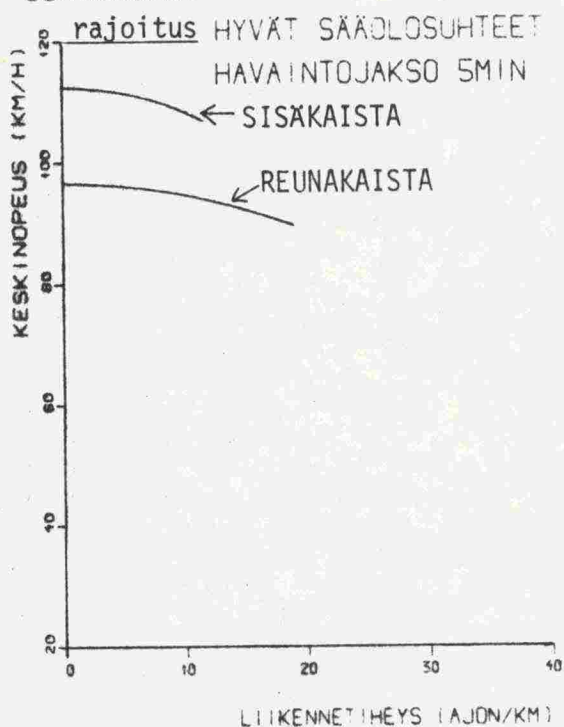


Kuva 59 b. Päiväkummun mittauspisteen Helsinkiin johtavien kaistojen liikennevirtakuvaajien vertailu.

JORVAKSENTIETUTKIMUS SUOMENOJA  
HELSINKIIN 120KM/H

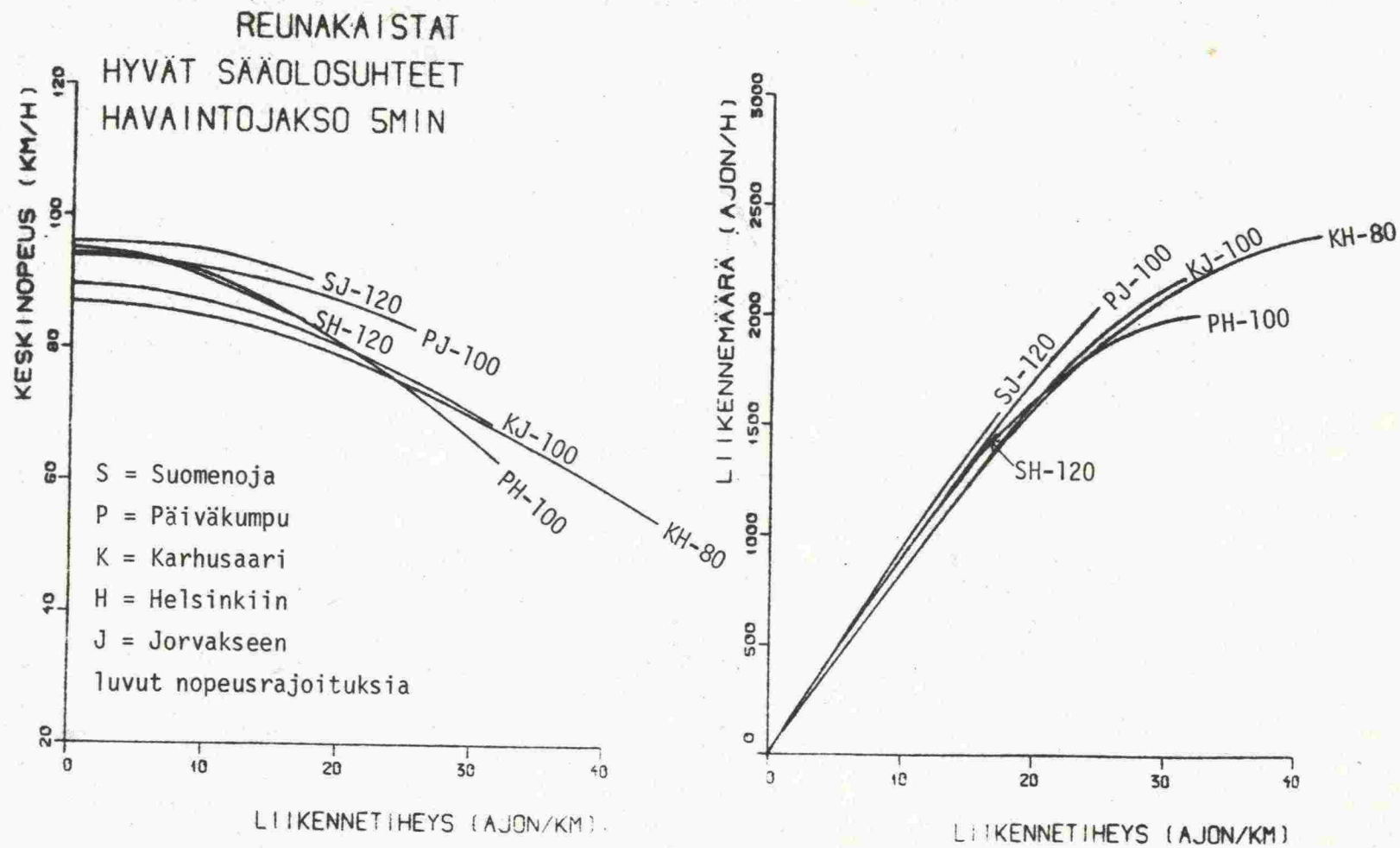


JORVAKSENTIETUTKIMUS SUOMENOJA  
JORVAKSEEN 120KM/H

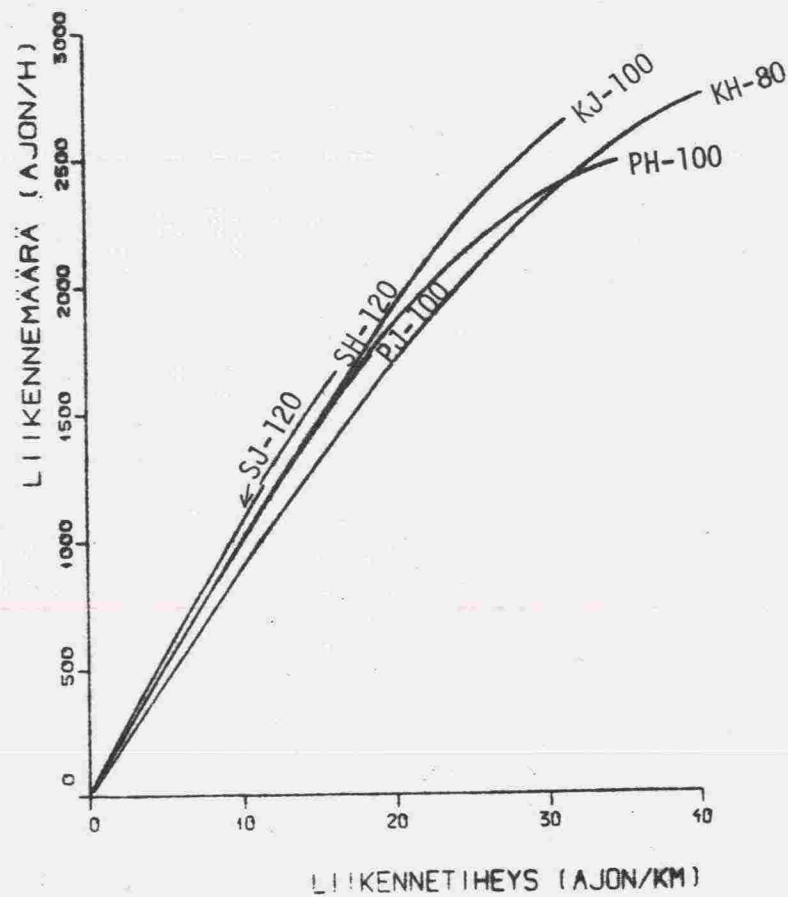
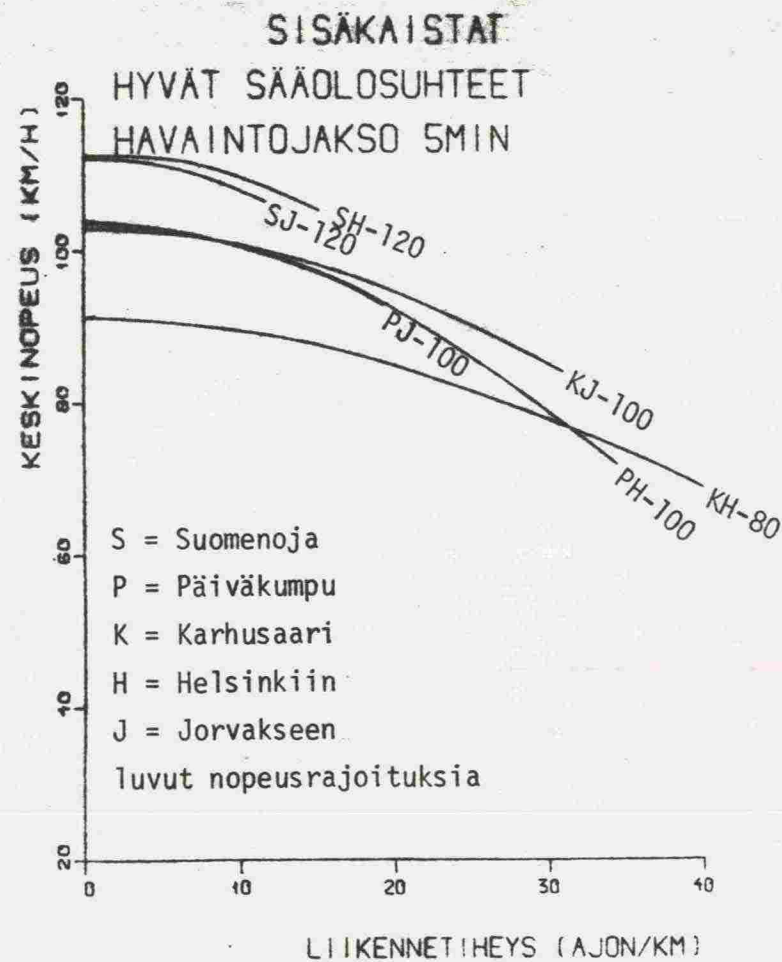


Kuva 60. Suomenojan mittauspisteen hyvien olosuhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu.

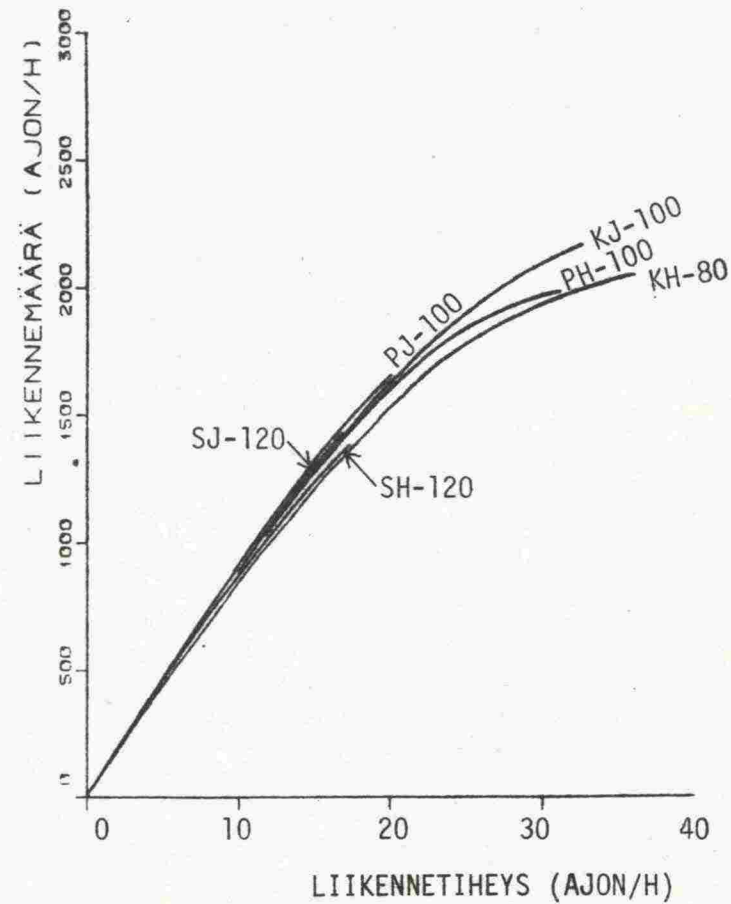
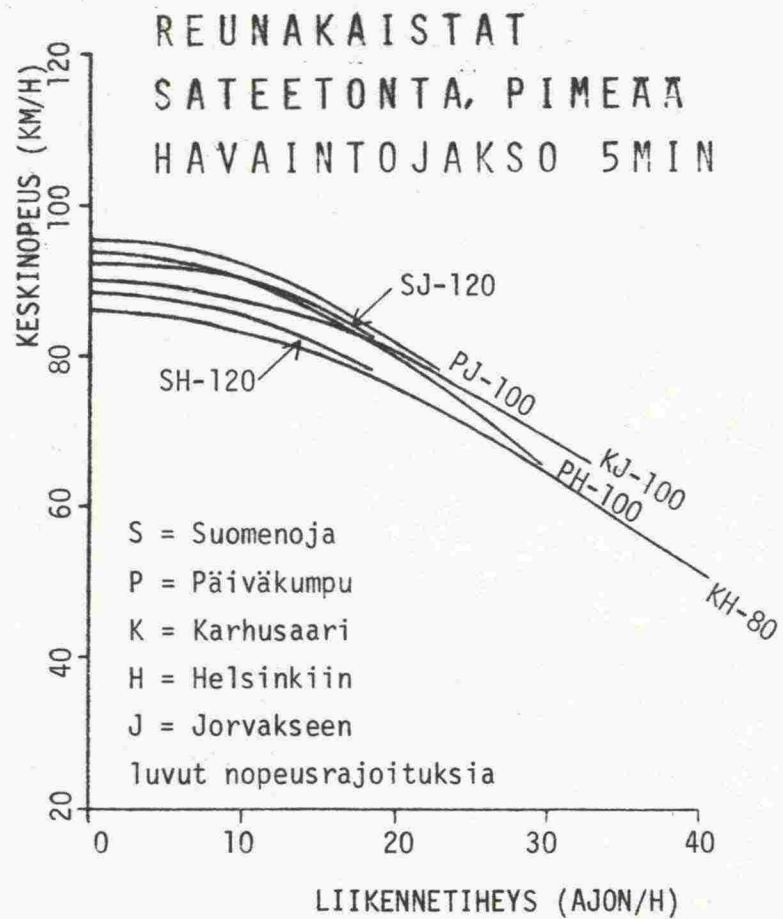




Kuva 61. Reunakaistojen hyvien olosuhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu.

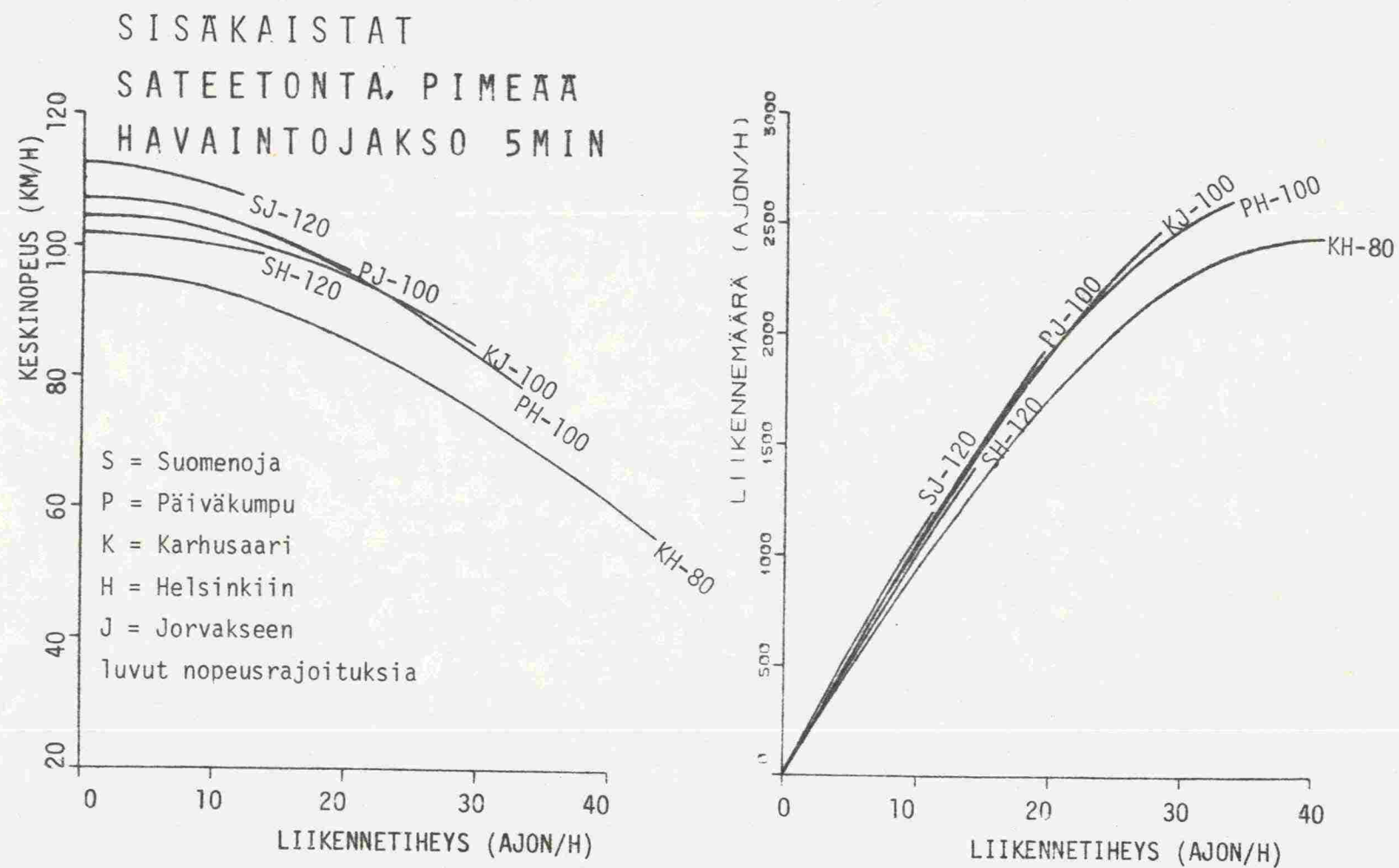


Kuva 62. Sisäkaistojen hyvien olosuhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu.



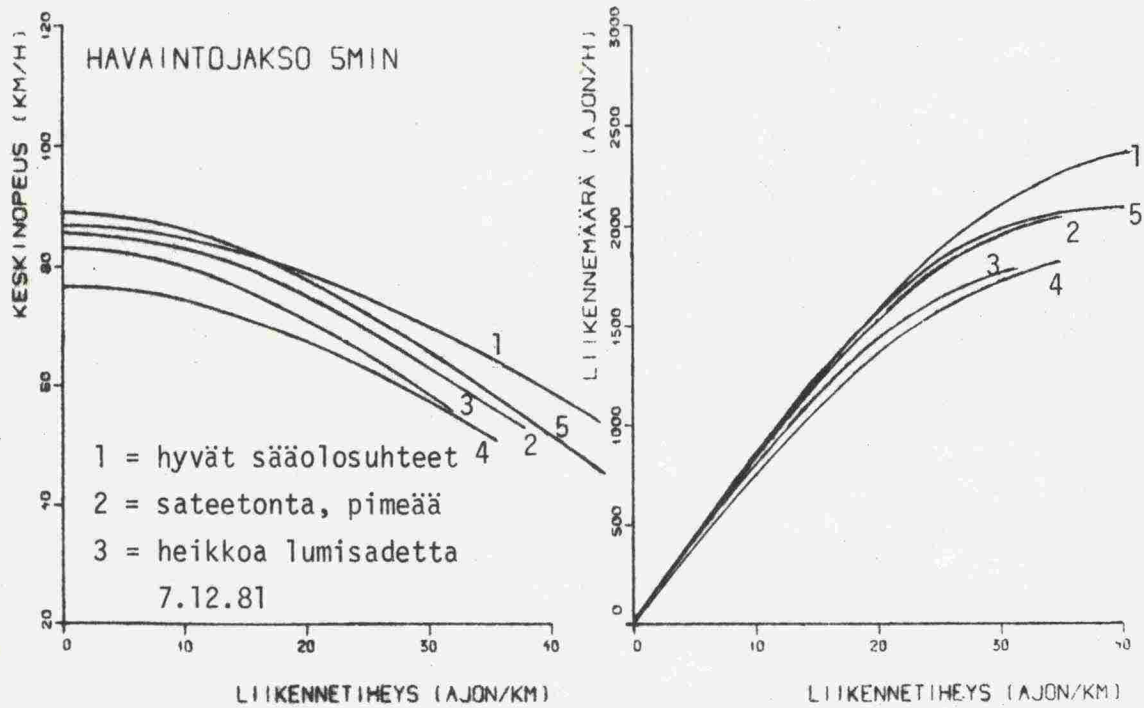
Kuva 63. Raunakaistojen sateettomien, pimeiden olosuhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu.



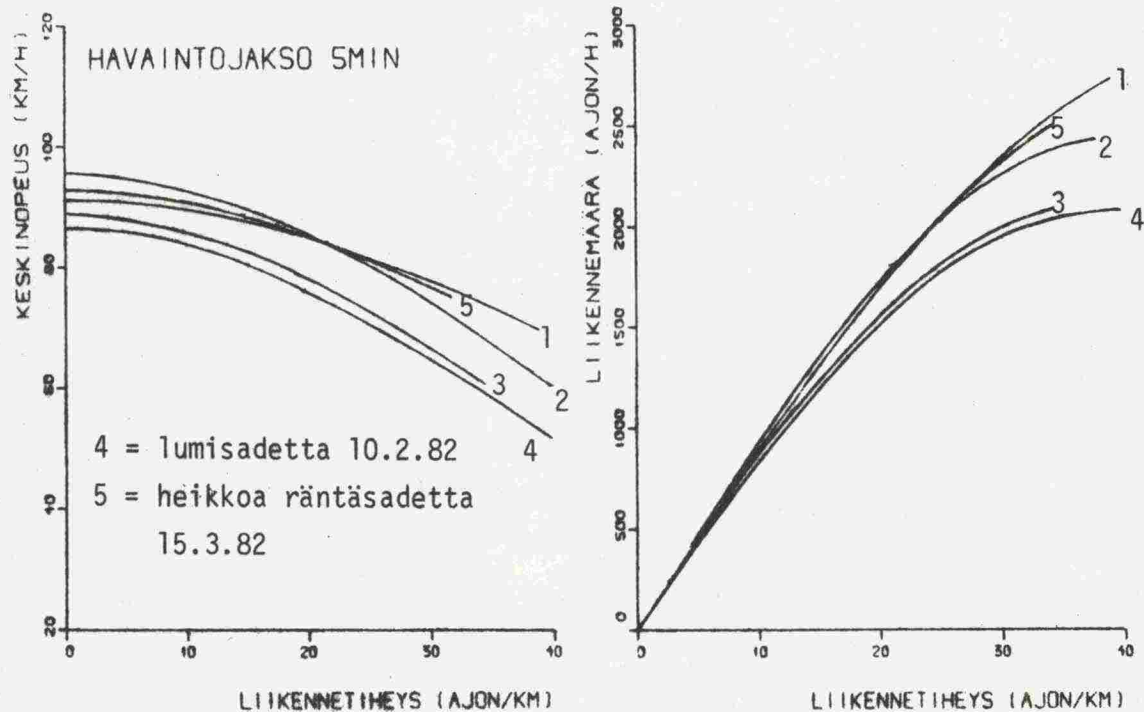


Kuva 64. Sisäkaistojen sateettomien, pimeiden olosuhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu.

JORVAKSENTIETUTKIMUS KARHUSAARI  
HELSINKIIN REUNAKAISTA 80KM/H

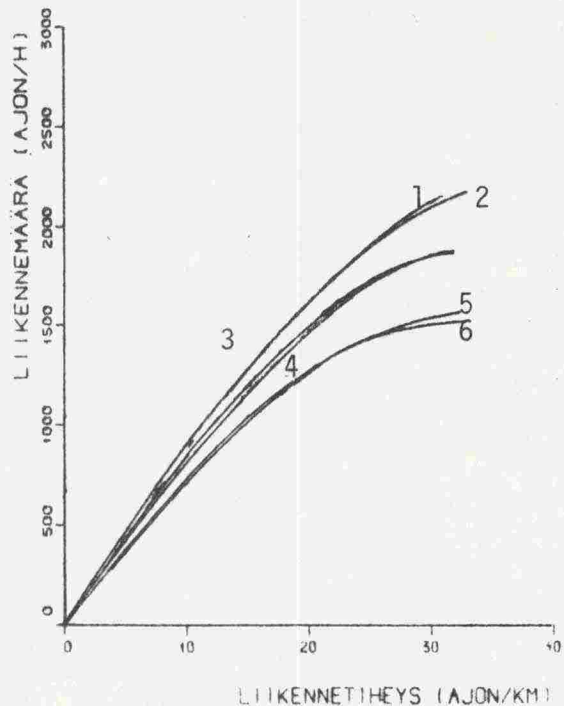
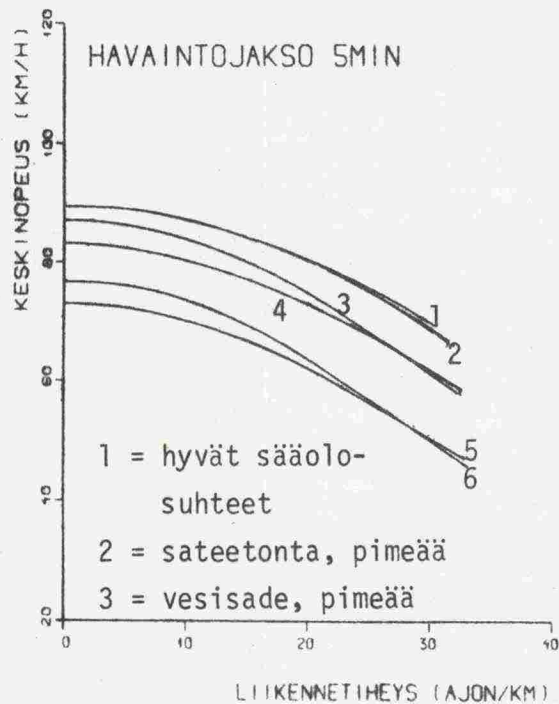


JORVAKSENTIETUTKIMUS KARHUSAARI  
HELSINKIIN SISÄKAISTA 80KM/H

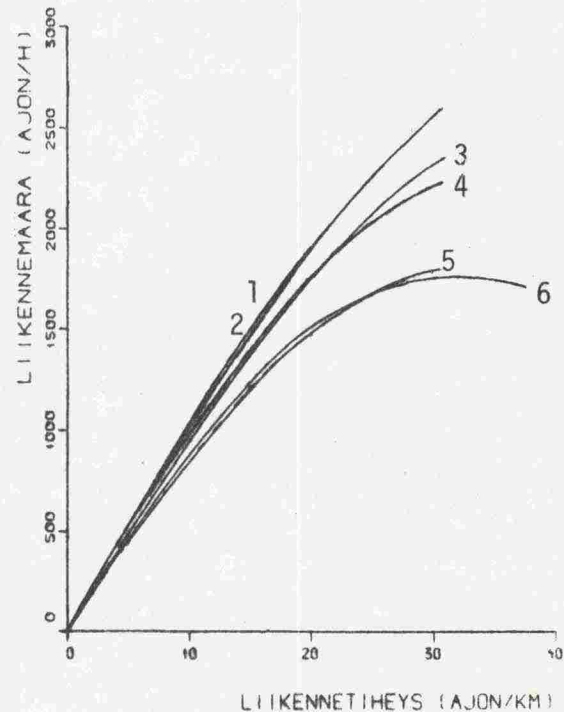
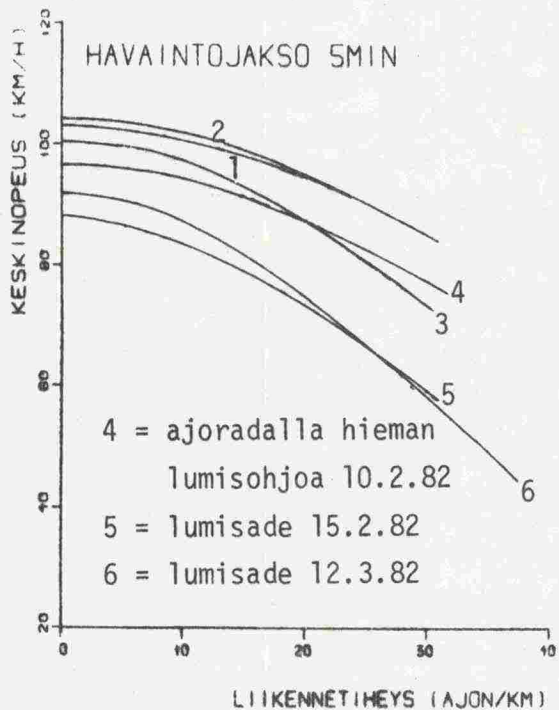


Kuva 65. Karhusaaren Helsingin suunnan liikenteen eri olo-  
suhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu.

JORVAKSENTIETUTKIMUS KARHUSAARI  
JORVAKSEEN REUNAKAISTA 100KM/H



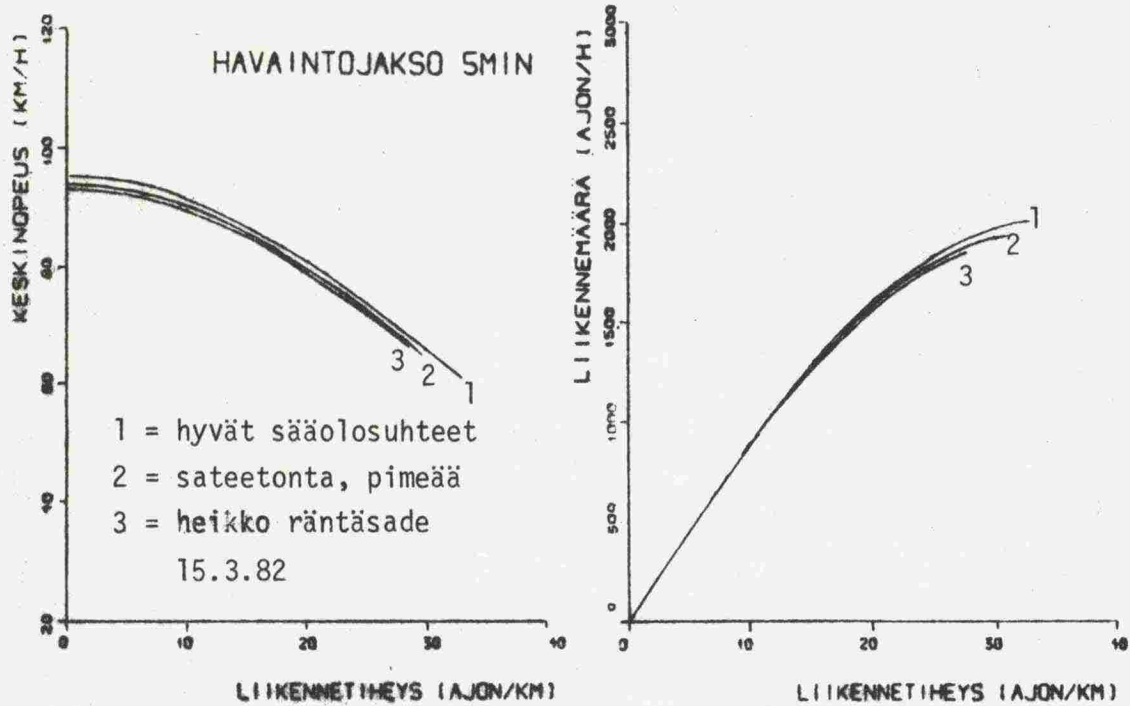
JORVAKSENTIETUTKIMUS KARHUSAARI  
JORVAKSEEN SISÄKAISTA 100KM/H



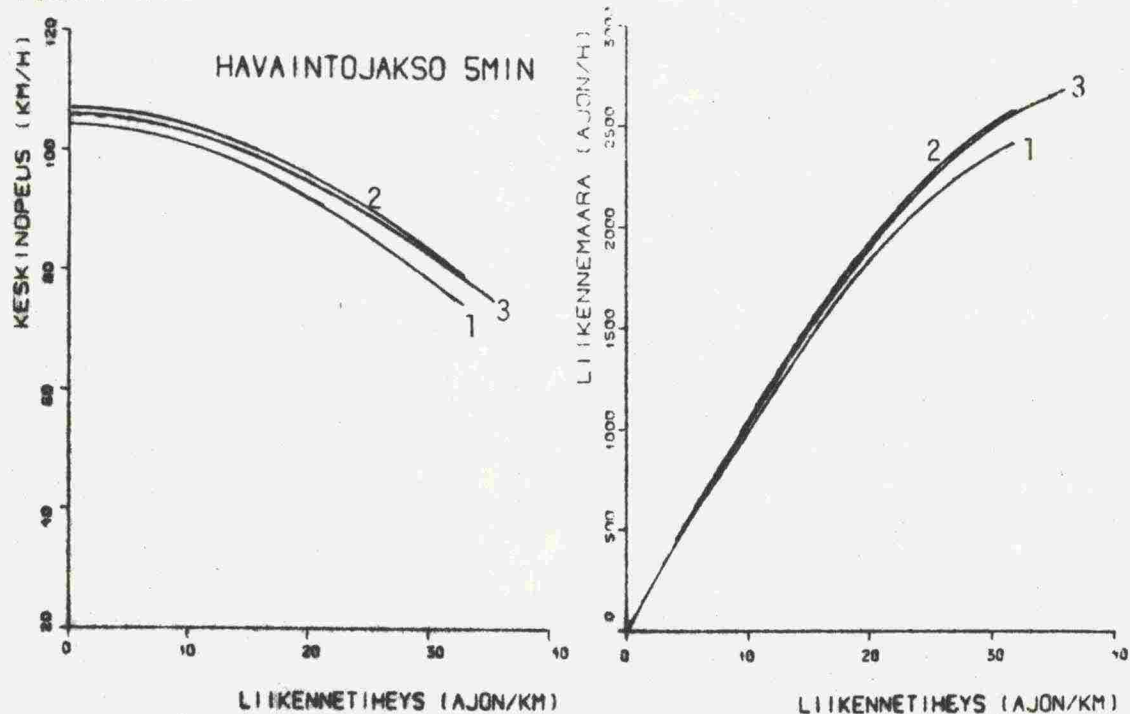
Kuva 66. Karhusaaren Jorvaksen suunnan liikenteen eri olo-  
suhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu.



JORVAKSENTIETUTKIMUS PÄIVÄKUMPU  
HELSINKIIN REUNAKAISTA 100KM/H

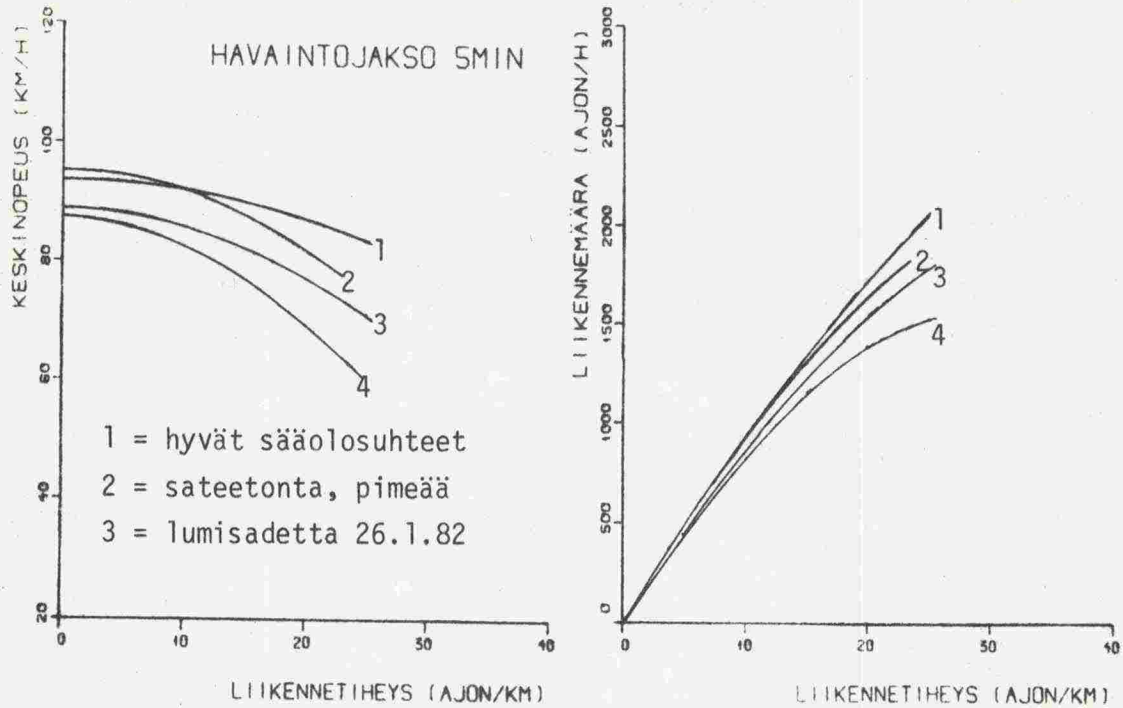


JORVAKSENTIETUTKIMUS PÄIVÄKUMPU  
HELSINKIIN SISÄKAISTA 100KM/H

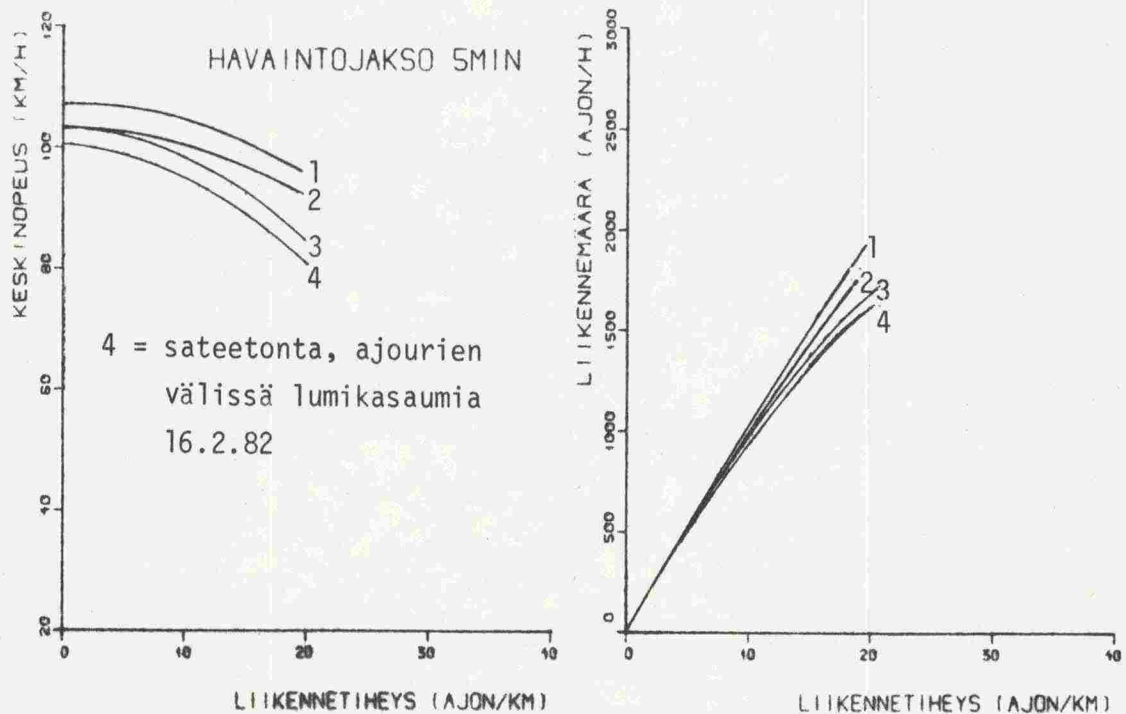


Kuva 67. Päiväkummun Helsingin suunnan liikenteen eri olo-  
suhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu.

JORVAKSENTIETUTKIMUS PÄIVÄKUMPU  
JORVAKSEEN REUNAKAISTA 100KM/H

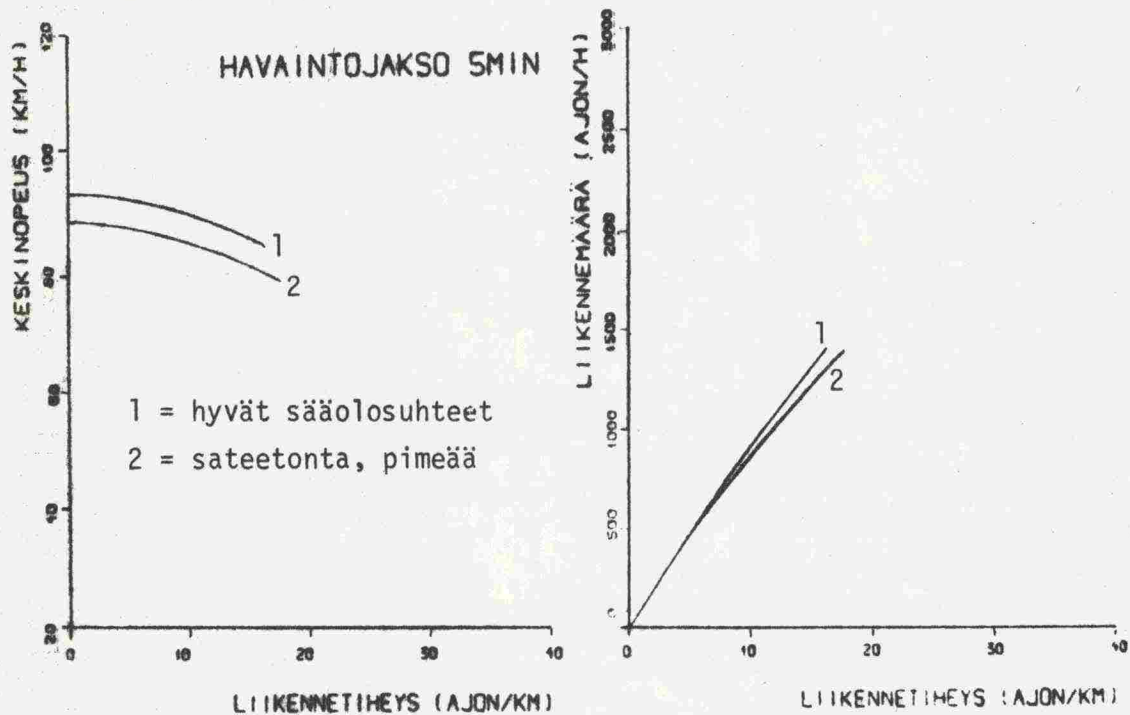


JORVAKSENTIETUTKIMUS PÄIVÄKUMPU  
JORVAKSEEN SISÄKAISTA 100KM/H

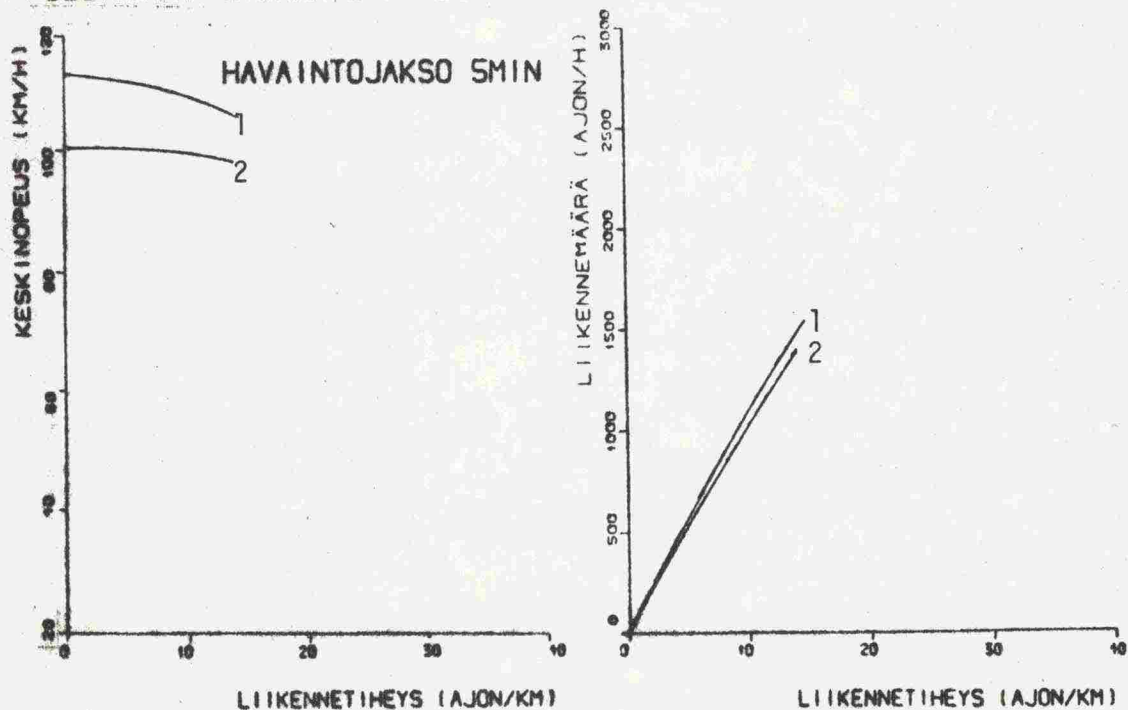


Kuva 68. Päiväkummun Jorvaksen suunnan liikenteen eri olo-  
suhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu.

JORVAKSENTIETUTKIMUS SUOMENOJA  
HELSINKIIN REUNAKAISTA 120KM/H



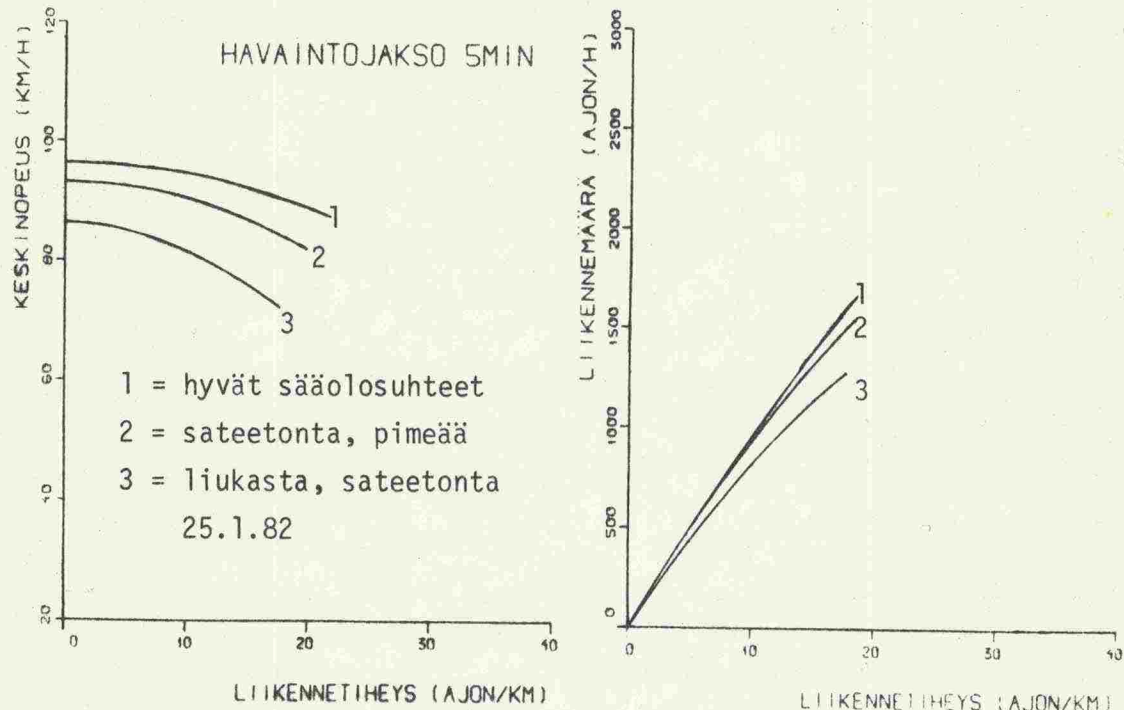
JORVAKSENTIETUTKIMUS SUOMENOJA  
HELSINKIIN SISÄKAISTA 120KM/H



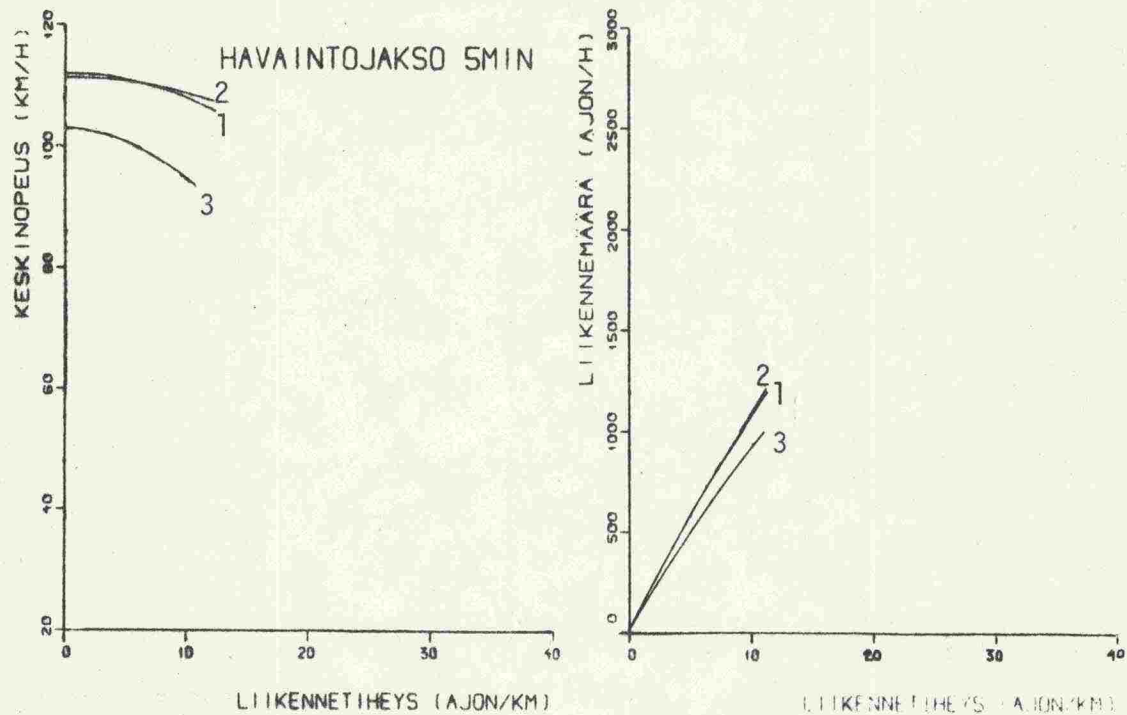
Kuva 69. Suomenojan Helsingin suunnan liikenteen eri olo-  
suhteiden liikennevirtakuvaajien vertailu.



JORVAKSENTIETUTKIMUS SUOMENOJA  
JORVAKSEEN REUNAKAISTA 120KM/H



JORVAKSENTIETUTKIMUS SUOMENOJA  
JORVAKSEEN SISAKAISTA 120KM/H



Kuva 70. Suomenojan Jorvaksen suunnan liikenteen eri olo-  
suhteiden liikennevirtamallien vertailu.

### 7.3 Kuvaajien tarkastelu

#### 7.31 Reuna- ja sisäkaistojen vertailu

Reuna- ja sisäkaistan vapaiden nopeuksien välinen ero kasvaa selvästi nopeusrajoituksen kasvaessa. Ero on hyvissä keliolosuhteissa nopeusrajoituksella 80 km/h 5-10 km/h ja nopeusrajoituksella 120 km/h 15-20 km/h. Laskennolliset kriittiset tiheydet ovat reunakaistoilla 29-50 ajon/km ja sisäkaistoilla 24-62 km/h. Reunakaistalla laskennollinen kriittinen tiheys on useimmiten suurempi kuin sisäkaistalla.

Toisaalta tapauksissa, joissa mitatut tiheydet ylsivät kriittiseen tiheyteen asti, olivat reuna- ja sisäkaistan kriittiset tiheydet lähes saman suuruisia. Liikennevirtakuvaajien perusteella voidaan karkeasti arvioida, että ajoneuvoissa ilmaistuna sisäkaistan kapasiteetti on 15-20 % suurempi kuin reunakaistan kapasiteetti.

#### 7.32 Nopeusrajoituksen vaikutus

Tarkasteltaessa nopeusrajoituksen vaikutusta liikennetiheyden ja keskinopeuden väliseen riippuvaisuuteen (kuvat 61-64) voidaan tehdä seuraavia havaintoja:

- Reunakaistan keskinopeus pienillä liikennetiheyksillä (= vapaa nopeus) on 80 km/h nopeusrajoitusalueella n. 7 km/h pienempi kuin 100 km/h nopeusrajoitusalueilla.
- 100 km/h nopeusrajoitusalueiden reunakaistojen vapaat nopeudet eivät eroa systemaattisesti 120 km/h rajoitusalueiden vastaavista nopeuksista. Näyttää siis siltä, että reunakaistan vapaaseen nopeuteen ei vaikuta onko nopeusrajoitus 100 km/h vai 120 km/h.
- Sisäkaistoilla on vapaiden nopeuksien ero 80 ja 100 km/h nopeusrajoitusalueiden välillä n. 11 km/h ja 100 ja 120 km/h nopeusrajoitusalueiden välillä n. 7 km/h.

Nopeusrajoituksella 80 km/h keskinopeus on vain suurilla liikennetiheyksillä pienempi kuin nopeusrajoitus. Nopeusrajoituksella 100 km/h keskinopeus on suurempi kuin nopeusrajoitus vain sisäkaistalla pienillä liikennetiheyksillä ja nopeusrajoituksella 120 km/h keskinopeus on aina pienempi kuin nopeusrajoitus.



Nopeusrajoituksen vaikutusta välityskykyyn voidaan tarkastella Karhusaareissa ja Päiväkummun Helsingin suunnalla. Muilla mitatuilla kaistoilla ovat liikennetiheydet niin pieniä (alle 25 ajon/km), etteivät nopeuksien alenemat suurimmilakaan liikennemäärillä ole kovin suuria. Tällöin liikennemäärä-liikennetiheys-käyrä on lähes suoraviivainen, eikä se anna viitteitä kaistan kapasiteetista.

Taulukossa 13 on arvioitu eri kaistojen kapasiteettien suuruusjärjestystä. Arviointi on tehty reuna- ja sisäkaistoilla olosuhteittain. Sanallisen arvion lisäksi kaistan kapasiteetille on annettu vertailuarvosana -1, 0 tai +1. Kunkin ajoratapoikkileikkauksen eri kaistojen eri olosuhteiden arvosanat on laskettu yhteen, jotta voitaisiin arvioida ajoratapoikkileikkauksien kapasiteettien eroja.

Taulukko 13. Ajoratojen kapasiteettien vertailu.

	raj.	hyvät olosuht.		sateetonta, pimeää		yht.
		reunak.	sisäk.	reunak.	sisäk.	
Karhus. Helsingin	80	0 } yhtä-	0, keskim.	0, keskim.	-1, pienin	-1
Jorvukseen	100	0 } suuret	+1, suurin	+1, suurin	0 } yhtä-	+2
Päiväk. Helsingin	100	-1, pienin	-1, pienin	-1, pienin	0 } suuret	-3

Vertailun perusteella näyttää siltä, että Helsingin suunnan ajoradalla Päiväkummussa (nop.raj. 100 km/h) olisi pienin kapasiteetti, Jorvaksen suunnan ajoradalla Karhusaareissa (100 km/h) kapasiteetti olisi suurin ja Helsingin suunnan ajoradalla Karhusaareissa (80 km/h) kapasiteetti olisi kahden edellisen välillä. Koska ajorata, jolla on 80 km/h nopeusrajoitus, sijoittuu kapasiteetteja tarkasteltaessa 100 km/h nopeusrajoituksella varustettujen ajoratojen väliin, ei näiden tulosten pohjalta voida tehdä selvää johtopäätöstä nopeusrajoituksen vaikutuksesta kapasiteettiin.

### 7.33 Olosuhteiden vaikutus

Sää vaikuttaa selvästi kapasiteettiin. Voidaan arvioida, että huonoimmilla säillä kapasiteetti pienenee ainakin kol-



manneksella verrattuna hyvien olosuhteiden kapasiteettiin. Taulukossa 14 on esitetty Karhusaaren mittauspisteen huonoimpien mitattujen olosuhteiden kapasiteettien prosentuaalinen osuus hyvien olosuhteiden kapasiteeteista. Esitetyt arvoja on kuitenkin pidettävä vain suuntaa antavina.

Taulukko 14. Karhusaaren mittauspisteen eri kaistojen huonoimpien mitattujen olosuhteiden kapasiteettien arvioitu osuus hyvien olosuhteiden kapasiteetista.

	reunakaista	sisäkaista
Helsinkiin	78 %	76 %
Jorvukseen	69 %	68 %

Kuvasta 66 havaitaan, että mitatulla vesisateella liikennetiheyden ollessa 30 ajon/km liikennemäärä oli n. 14 % pienempi kuin vastaava hyvien olosuhteiden liikennemäärä. Olosuhteiden huonontuessa pienenevät myös 100 ja 120 km/h nopeusrajoitusalueiden kriittiset tiheydet.

Pimeyden vaikutusta liikennevirtaan voidaan tarkastella vertaamalla hyvien olosuhteiden ja sateettomien, pimeiden olosuhteiden liikennevirtakuvaajia. Karhusaassa ja Päiväkummussa voidaan tarkastella pimeyden vaikutusta valaistulla tiellä ja Suomenojalla valaisemattomalla tiellä. Pimeyden vaikutus nopeuteen eri kaistoilla Karhusaassa ja Päiväkummussa on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Pimeyden vaikutus nopeuteen, kun tie on valaistu.

	Karhusaari			Päiväkumpu		
	Helsinkiin		Jorvaks.	H:kiin	Jorvukseen	
liik.tih. (ajon/h)	alle 22	yli 22	kaikki	kaikki	alle 10	yli 10
nopeus reunak.	pienenee		ei vaik.	ei vaik.	ei vaik.	pienenee
nopeus sisäk.	suuren.	pienen.	ei vaik.	suuren.	suurenee	

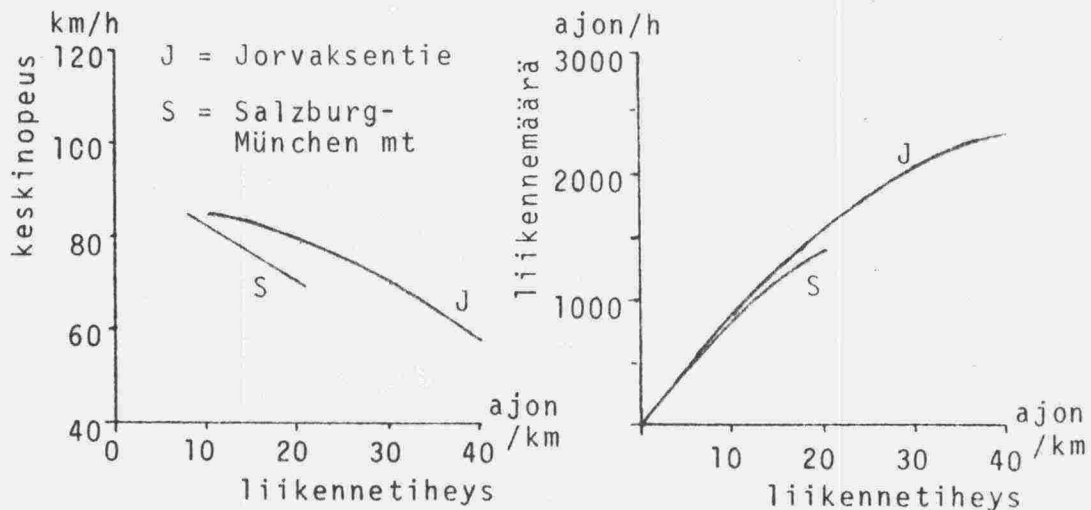
Pimeällä nopeudet ovat valaistulla tiellä keskimäärin yhtä suuria kuin valoisalla. Sisäkaistojen nopeudet näyttävät kasvavan pimeällä, jos liikennetiheys on pieni.

Valaisemattomalla tiellä Suomenojalla nopeudet olivat pimeällä keskimäärin 5 km/h pienempiä kuin nopeudet valoisalla.

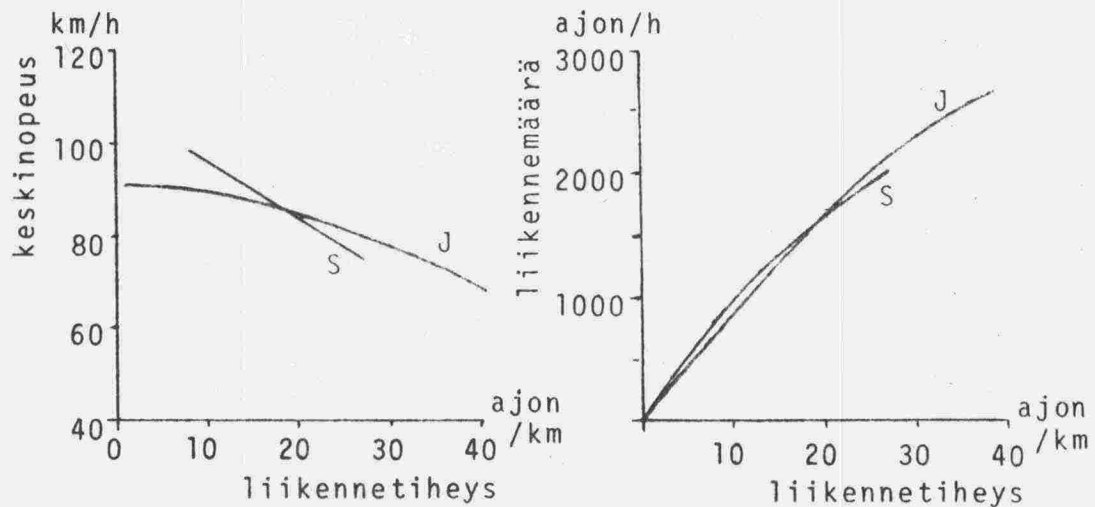
#### 7.34 Jorvaksentien ja Salzburg-München moottoritien liikennevirtakuvaajien vertailu.

Kuvissa 71 ja 72 on verrattu Jorvaksentien ja Salzburg-München moottoritien liikennevirtakuvaajia 80 ja 100 km/h nopeusrajoituksilla.

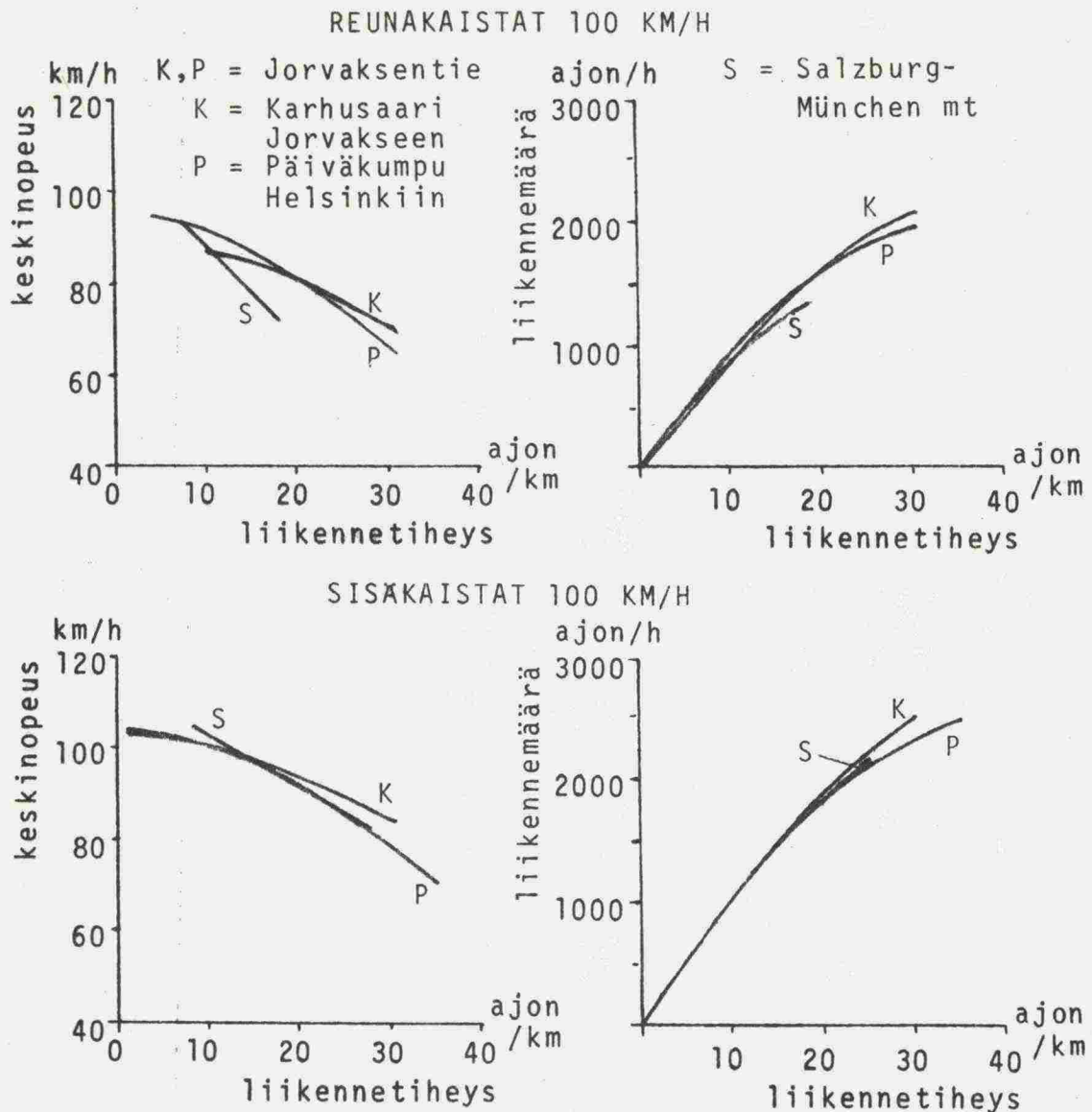
##### REUNAKAISTAT 80 KM/H



##### SISÄKAISTAT 80 KM/H



Kuva 71. Jorvaksentien ja Salzburg-München moottoritien liikennevirtakuvaajat hyvissä olosuhteissa, kun nopeusrajoitus on 80 km/h.



Kuva 72. Jorvaksentien ja Salzburg-München moottoritien liikennevirtakuvaajat hyvissä olosuhteissa, kun nopeusrajoitus on 100 km/h.

Vaikka kuvaajat on muodostettu eri perusmuodoista, tulee niissä selvästi esille eräitä Jorvaksentien ja Salzburg-München moottoritien liikennevirtojen välisiä eroja. Sisäkaistalla ovat nopeudet Salzburg-München mt:llä pienillä liikennetiheyksillä suurempia kuin Jorvaksentiellä. Nopeudet pienenevät Salzburg-München mt:llä liikennetiheyden kasvaessa huomattavasti jyrkemmin kuin Jorvaksentiellä. Tämän seurauksena laskennolliset kapasiteetit ja kriittiset tiheydet ovat Salzburg-München mt:llä selvästi pienempiä kuin Jorvaksentiellä.



8. VAARALLISTEN AIKAVÄLIEN OSUUS LIIKENNEVIRRASSA

Peräkkäin ajavien ajoneuvojen aikavälille voidaan turvalisuussyistä asettaa seuraava vaatimus: Aikavälin tulee olla niin suuri, että edellä ajavan pysähtyessä on takana ajavan pystyttävä pysähtymään yhteentörmäyksen välttämiseksi. Jos peräkkäin ajavien ajoneuvojen nopeudet ja hidastuvuudet ovat yhtäsuuria saadaan bruttoaikaväliltä vaadittavaksi pituudeksi

$$t > T + p/v, \quad (24)$$

jossa  $T$  = reaktioaika,

$p$  = edellä ajavan ajoneuvon pituus ja

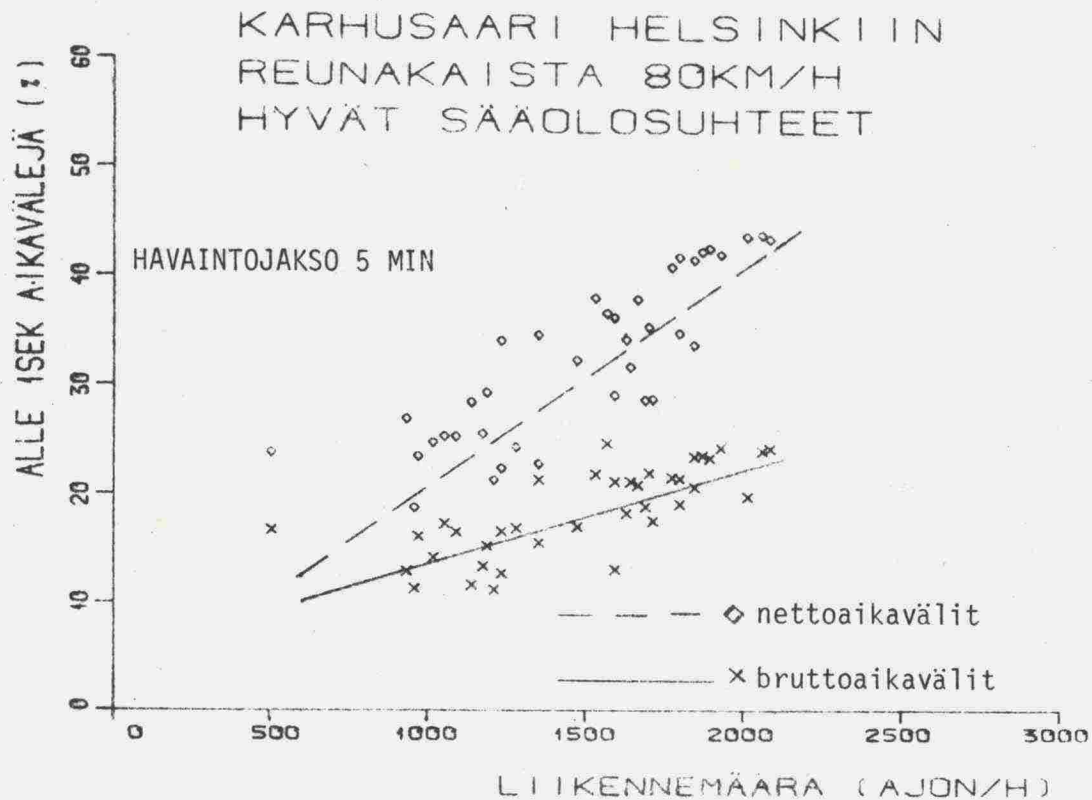
$v$  = ajoneuvojen nopeus.

Reaktioaika vaihtelee tilanteen mukaan. Kokeissa, joissa koehenkilöt tietävät, että heidän reaktioaikansa tutkitaan, on reaktioajaksi saatu 0,7-1,0 s. Odottamattomissa tilanteissa reaktioaika on kuitenkin suurempi, keskimäärin n. 2,5 s /14/.

Liikennemäärillä 600-2600 ajon/h oli aikavälijakauman maksimi Jorvaksentiellä yleensä 1,0-1,5 s välillä, vaikka esim. liikennemäärällä 600 ajon/h keskimääräinen aikaväli on 6,0 s. Liikennemäärän kasvu kuitenkin suurensi 1,0-1,5 s aikaväli-  
luokan osuutta kaikista aikaväleistä.

Jatkossa tarkastellaan alle 1 sek netto- ja bruttoaikavälien osuutta liikennemäärän funktiona eri mittauspisteissä ja eri olosuhteissa. Nopeudella 90 km/h ja edellä ajavan ajoneuvon pituuden ollessa 5 m vastaa 1 sek bruttoaikaväli 0,8 sek reaktioaikaa, joka siis edellyttää kuljettajalta jo erityistä valppautta.

Alle 1 sek brutto- ja nettoaikavälien osuuden ja liikennemäärän välille muodostettiin pisteistöt, joissa yksi piste vastasi 5 min havaintojaksoa. Niiden havaintojaksojen, joissa oli alle 100 ajoneuvoa, pisteitä yhdistettiin siten, että saadussa pisteistössä jokainen piste vastasi



Kuva 73. Esimerkki alle 1 sek brutto- ja nettoaikavälien ja liikennemäärän välisistä pisteistöistä ja regressiosuorista.

vähintään 100 havaittua ajoneuvoa. Pisteistöihin sovitettiin regressiosuorat. Kuvassa 73 on esimerkki brutto- ja nettoaikavälien pisteistöistä ennen yhdistämistä ja yhdistämisen jälkeen pisteistöihin sovitetuista regressiosuorista. Koska bruttoaikavälien pisteistöt sopivat yleensä paremmin kuvattavaksi suoralla kuin nettoaikavälien pisteistöt, olosuhteiden ja nopeusrajoituksen vaikutusta pienten aikavälien osuuteen tarkastellaan jatkossa vertaamalla alle 1 sek bruttoaikavälien osuuksia eri mittauspisteissä ja eri olosuhteissa. Alle 1 sek brutto- ja nettoaikavälien osuuden ja liikennemäärän välisien regressiosuorien yhtälöt ja selitysasteet sekä liikennemäärän vaihtelualue kuvattavissa pisteistöissä on esitetty taulukoissa 16-18.

Taulukko 16. Alle 1 sek aikavälien prosenttiosuuden ja liikennemäärän väliset regressiosuorat hyvissä olosuhteissa.

mitt.piste	suunta	kaista	q:n arvo-alue (ajon/h)	alle 1 sek brutto- aikaväl. %-osuuden regressiosuora			alle 1 sek netto- aikaväl. %-osuuden regressiosuora		
				vakio	kerr. 10 <sup>-2</sup>	r <sup>2</sup>	vakio	kerr. 10 <sup>-2</sup>	r <sup>2</sup>
Karhusaari	H:ki	reunak.	700-2200	4,6	0,872	0,434	2,7	1,887	0,715
		sisäk.	100-2650	9,0	1,060	0,678	9,2	1,773	0,885
	Jorvas	reunak.	850-2200	0,8	0,942	0,596	-4,1	1,999	0,897
		sisäk.	250-2600	9,3	1,182	0,801	11,2	1,843	0,916
Päiväkumpu	H:ki	reunak.	500-2000	2,7	0,634	0,450	-0,9	1,604	0,795
		sisäk.	100-2600	10,4	0,759	0,542	9,4	1,511	0,862
	Jorvas	reunak.	500-2100	-2,6	1,259	0,811	-2,6	1,908	0,822
		sisäk.	100-1850	6,2	1,734	0,865	8,2	2,270	0,917
Suomenoja	H:ki	reunak.	400-1400	-2,8	1,108	0,721	-4,3	1,883	0,833
		sisäk.	100-1550	1,7	1,957	0,875	2,9	2,556	0,939
	Jorvas	reunak.	350-1600	-3,1	1,260	0,804	-3,6	1,810	0,918
		sisäk.	50-1150	0,5	2,380	0,901	1,0	2,811	0,917

Taulukko 17. Alle 1 sek aikavälien prosenttiosuuden ja liikennemäärän väliset regressiosuorat saateissa, pimeissä olosuhteissa.

mitt.piste	suunta	kaista	q:n arvo-alue (ajon/h)	alle 1 sek brutto- aikaväl. %-osuuden regressiosuora			alle 1 sek netto- aikaväl. %-osuuden regressiosuora		
				vakio	kerr. 10 <sup>-2</sup>	r <sup>2</sup>	vakio	kerr. 10 <sup>-2</sup>	r <sup>2</sup>
Karhusaari	H:ki	reunak.	300-2050	1,6	0,767	0,447	-4,6	2,187	0,775
		sisäk.	100-2600	6,7	0,880	0,325	8,3	1,725	0,780
	Jorvas	reunak.	400-2150	0,3	0,871	0,670	-4,7	2,063	0,851
		sisäk.	100-2450	8,7	1,170	0,819	10,3	1,815	0,903
Päiväkumpu	H:ki	reunak.	400-2000	-1,1	0,844	0,678	-2,4	1,785	0,864
		sisäk.	100-2600	6,7	1,160	0,925	8,6	1,741	0,932
	Jorvas	reunak.	400-1800	-0,3	0,930	0,598	-2,1	1,786	0,737
		sisäk.	150-1900	9,4	1,117	0,740	11,1	1,750	0,855
Suomenoja	H:ki	reunak.	850-1400	4,9	0,360	0,078	-12,7	2,523	0,885
		sisäk.	500-1400	5,2	1,656	0,699	6,3	2,089	0,831
	Jorvas	reunak.	750-1500	-9,1	1,589	0,788	-11,7	2,511	0,831
		sisäk.	250-1100	2,0	1,815	0,752	3,3	2,316	0,744

Muodostettuja regressiosuoria on vertailtu graafisesti kuvissa 74-79. Kuvassa 74 on tyypillinen esimerkki erosta, joka pienten aikavälien osuudessa on sisä- ja reunakaistan välillä. Toisaalta kuvassa 74 on verrattu saman aineiston brutto- ja nettoaikavälien regressiosuoria. Kuvissa 75 ja 76 on verrattu alle 1 sek bruttoaikavälien osuuksia eri mittauspisteissä ja kuvissa 77-79 on tarkasteltu olosuhteiden vaikutusta alle 1 sek bruttoaikavälien osuuteen.



Taulukko 18. Alle 1 sek aikavälien prosenttiosuuden ja liikennemäärän väliset regressiosuorat talvi- ja vesisadeolosuhteissa.

mitt.piste olosuhteet, pvm	suunta	kaista	q:n arvo- alue (ajon/h)	alle 1 sek brutto- aikaväl. %-osuuden regressiosuora			alle 1 sek netto- aikaväl. %-osuuden regressiosuora		
				vakio	kerr. 10 <sup>-2</sup>	r <sup>2</sup>	vakio	kerr. 10 <sup>-2</sup>	r <sup>2</sup>
<u>Karhusaari:</u>									
heikkoa lumi- sadetta 7.12.-81	H:ki	reunak	1100-1750	5,8	0,166	0,011	-8,8	2,047	0,522
lumisade	H:ki	sisäk.	450-2000	2,4	0,719	0,783	4,2	1,593	0,853
10.2.-82	H:ki	reunak	1200-1850	11,1	0,284	0,072	-1,3	1,577	0,373
heikkoa räntä- sadetta 15.3.-82	H:ki	sisäk.	850-2250	16,5	0,457	0,200	4,2	1,227	0,582
ajoradalla hie- man sohjoa 10.2.	H:ki	reunak	1000-2050	2,2	0,649	0,204	-8,0	2,023	0,624
lumisade	Jorvas	sisäk.	450-2500	11,6	0,471	0,540	10,4	1,557	0,936
15.12.-81	Jorvas	reunak	1300-1850	-10,3	1,040	0,428	-23,5	2,680	0,709
räntäsade	Jorvas	sisäk.	1350-2350	4,5	0,650	0,557	-1,7	1,840	0,864
12.3.-82	Jorvas	reunak	700-1700	1,5	0,038	0,008	-5,1	1,250	0,636
	Jorvas	sisäk.	400-1850	7,6	0,123	0,038	5,2	0,931	0,565
	Jorvas	reunak	700-1600	0,9	0,055	0,019	0,7	1,090	0,696
		sisäk.	500-1850	6,0	0,154	0,125	7,1	0,645	0,387
<u>Päiväkumpu:</u>									
heikko räntä- sade 15.3.-82	H:ki	reunak	1050-1850	1,1	0,479	0,335	-7,4	1,804	0,781
lumisade	H:ki	sisäk.	500-2650	7,5	0,846	0,746	4,7	1,831	0,984
26.1.-82	Jorvas	reunak	850-1750	0,2	0,590	0,491	0,0	1,306	0,579
ajourien välissä	Jorvas	sisäk.	300-1600	1,5	1,056	0,765	2,6	1,734	0,802
lumikasauomia 16.2.	Jorvas	reunak	850-1350	2,0	0,163	0,019	7,2	0,507	0,036
		sisäk.	500-1450	5,7	0,756	0,486	7,5	1,380	0,534
<u>Suomenoja:</u>									
liukasta	Jorvas	reunak	600-1100	-0,8	0,528	0,321	-7,5	1,775	0,670
25.1.-82	Jorvas	sisäk.	400- 850	-0,2	1,267	0,508	-0,5	2,128	0,744
<u>Karhusaari:</u>									
vesisade	Jorvas	reunak	1050-1950	4,4	0,292	0,053	-1,4	1,540	0,544
24.11.-81	Jorvas	sisäk.	600-2300	12,6	0,424	0,139	7,1	1,590	0,803

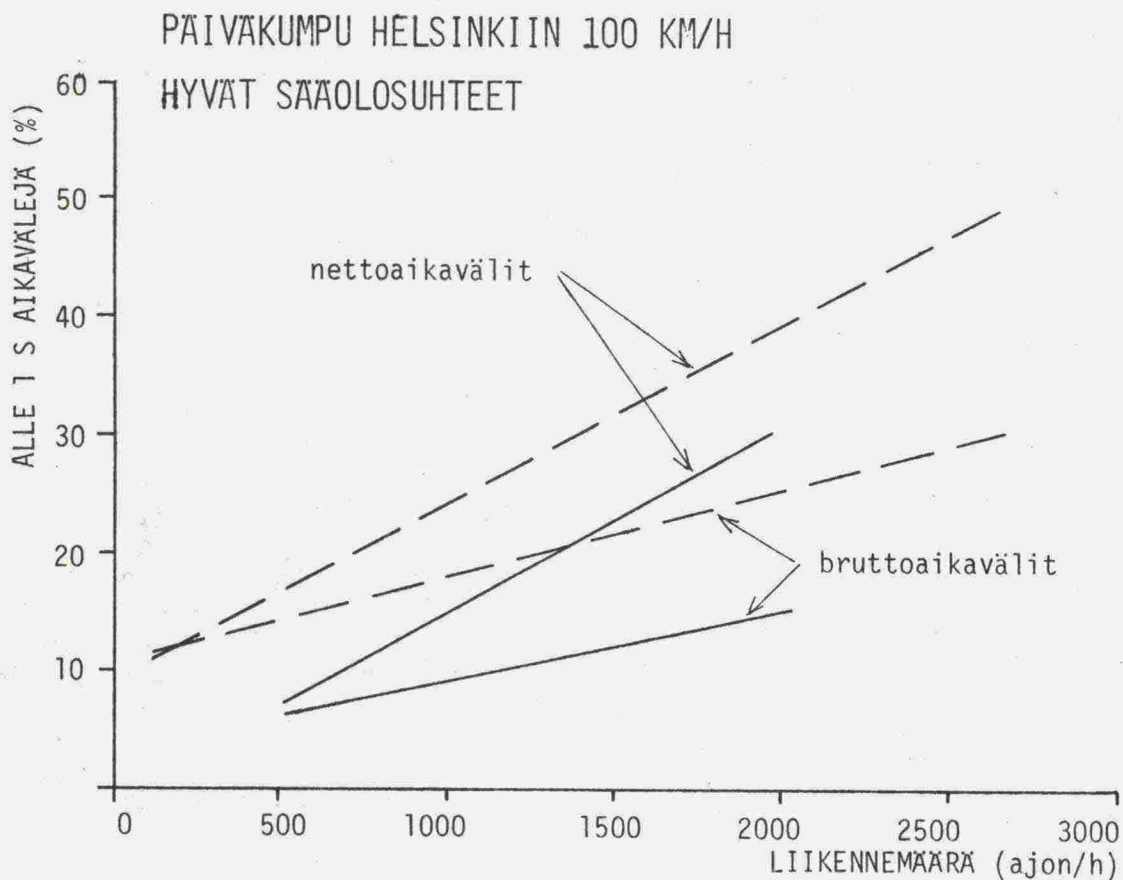
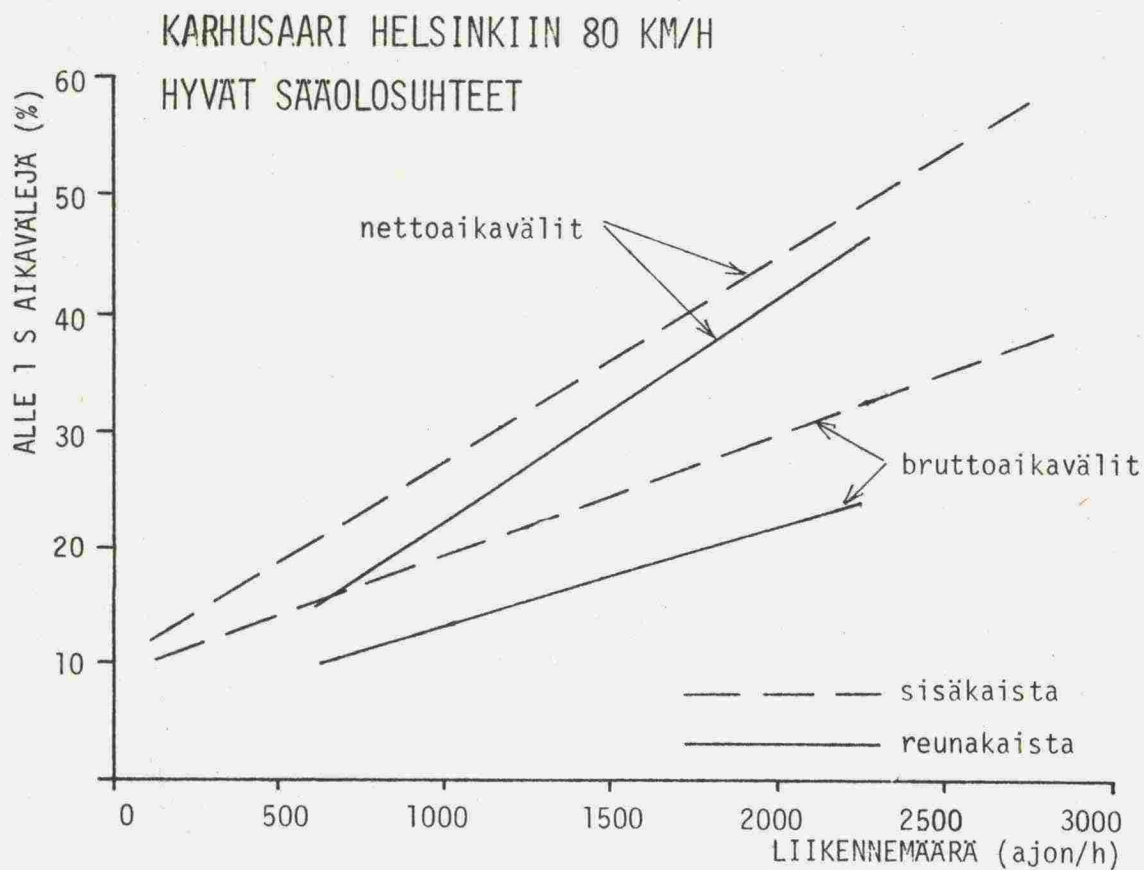
Sisäkaistalla pienten aikavälien osuus on selvästi suurempi kuin reunakaistalla vastaavalla liikennemäärällä (kuva 74). Pienten aikavälien esiintymisessä eri mittauspisteiden reunakaistat eivät näytä oleellisesti eroavan toisistaan (ylä-kuvat kuvissa 75 ja 76), nopeusrajoitus ei tämän mukaan vaikuta oleellisesti pienten aikavälien osuuteen reunakaistalla. Sen sijaan sisäkaistat eroavat toisistaan pienten aikavälien osuuden suhteen (alakuvat kuvissa 75 ja 76). Näyttää siltä, että nopeusrajoituksen alentaminen pienentää pienten aikavälien osuutta sisäkaistalla. Nämä tulokset ovat hyvin samankaltaisia kuin Salzburg-München moottoritien mittauksissa saadut tulokset.

Olosuhteet vaikuttavat selvästi pienten aikavälien osuuteen (kuvat 77-79). Peräänajo-onnettomuuden välttämiseksi tarvittava aikaväli ei teoreettisesti pitene olosuhteiden huonontuessa, sillä vaikka ajoneuvon jarrutusmatka pitenee, pitenee myös edellä ajavan jarrutusmatka. Huonoissa olosuhteissa alle 1 sek aikavälien osuus on selvästi pienempi kuin hyvissä olosuhteissa. Näyttää siis jopa siltä, että huonoissa olosuhteissa jonossa ajavilla ajoneuvoilla peräänajo-onnettomuuden vaara olisi pienempi kuin hyvissä olosuhteissa.

Lähteessä /2/ on tutkittu 11 eri maassa tehtyjen mittauksien perusteella pienten aikavälien osuuden riippuvaisuutta liikennemäärästä. Tutkimuksessa oli kuitenkin eräitä eroavaisuuksia Jorvaksentiellä tehtyyn tutkimukseen verrattuna:

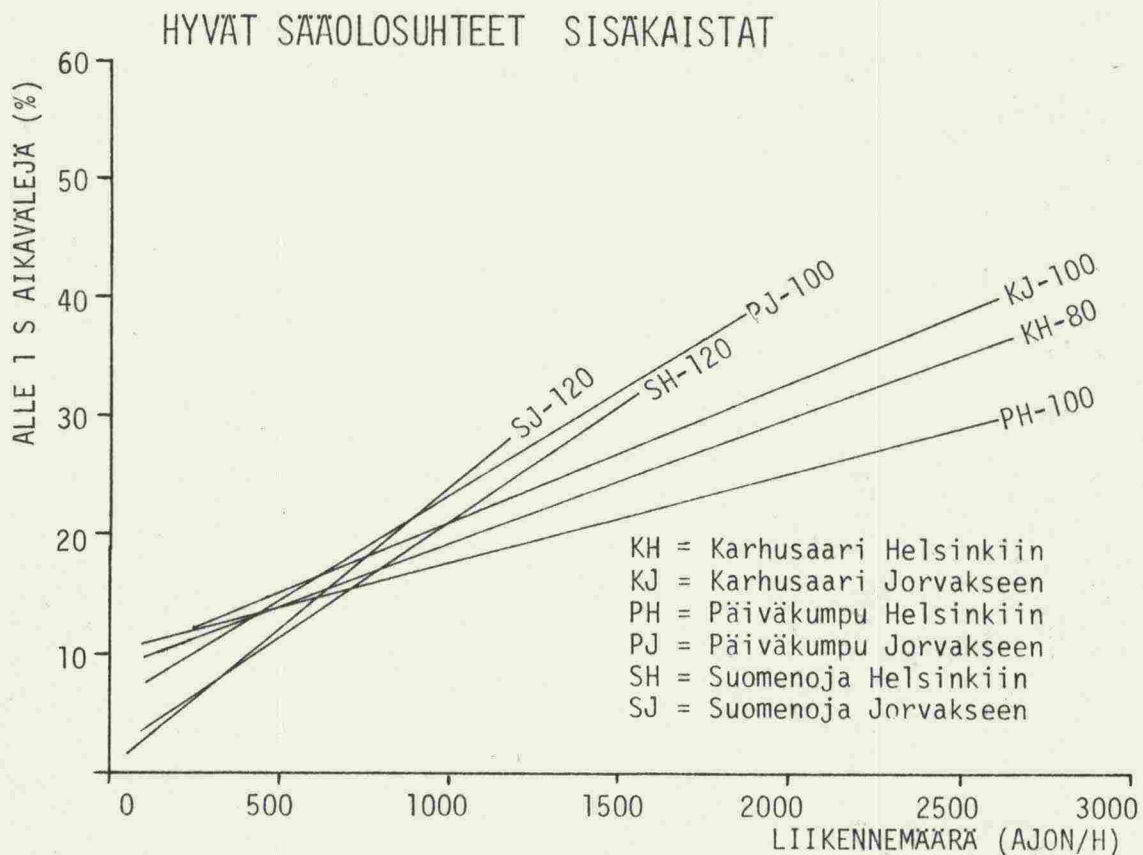
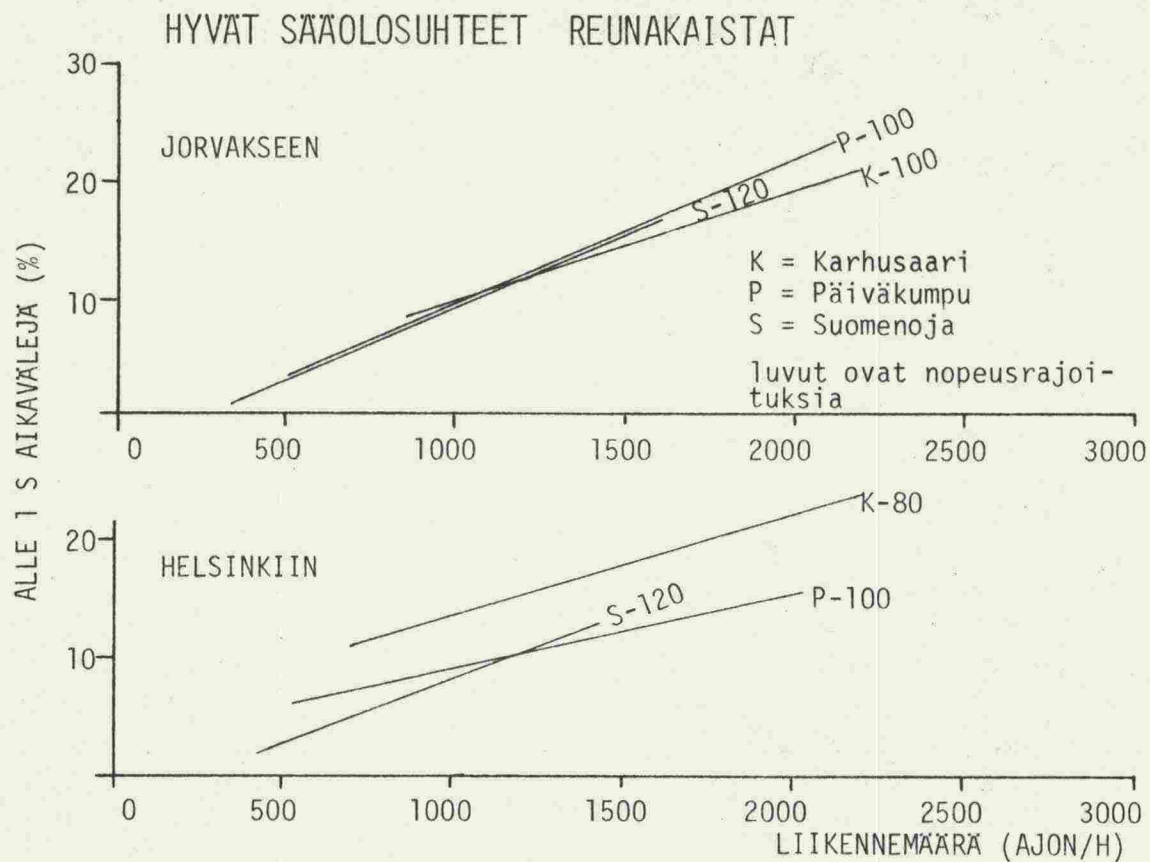
- pienten aikavälien osuus laskettiin vain niistä ajoneuvoista, joiden matkaväli oli alle 200 m.
- pienten aikavälien osuutta tarkasteltiin koko ajoradan liikennemäärän funktiona eikä kaistan liikennemäärän funktiona,
- regressiosuorat sovitettiin pisteistöihin, joissa jokainen piste vastasi vähintään tunnin havaintojaksoa.

Kuvassa 80 on esitetty tässä kansainvälisessä tutkimuksessa saadut riippuvaisuudet sekä eräitä vastaavasti määritettyjä Jorvaksentien liikennevirran pisteitä. Liikennemäärillä 1200-2200 ajon/h Jorvaksentien pisteet ovat sisäkaistalla regressiosuoran alapuolella ja reunakaistalla regressiosuoran yläpuolella. Tämä johtuu ainakin osittain siitä, että kyseisillä liikennemäärillä kaistajakauma on Suomessa erilainen kuin useissa muissa maissa.



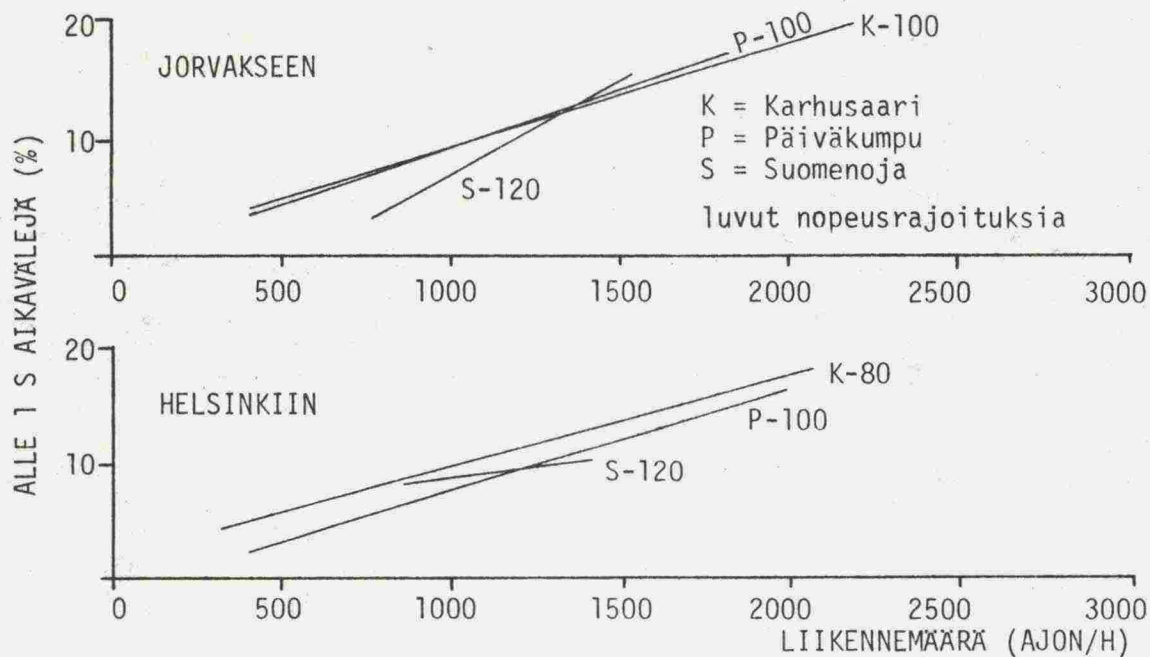
Kuva 74. Alle 1 s brutto- ja nettoaikavälien osuuksien vertailu reuna- ja sisäkaistalla.



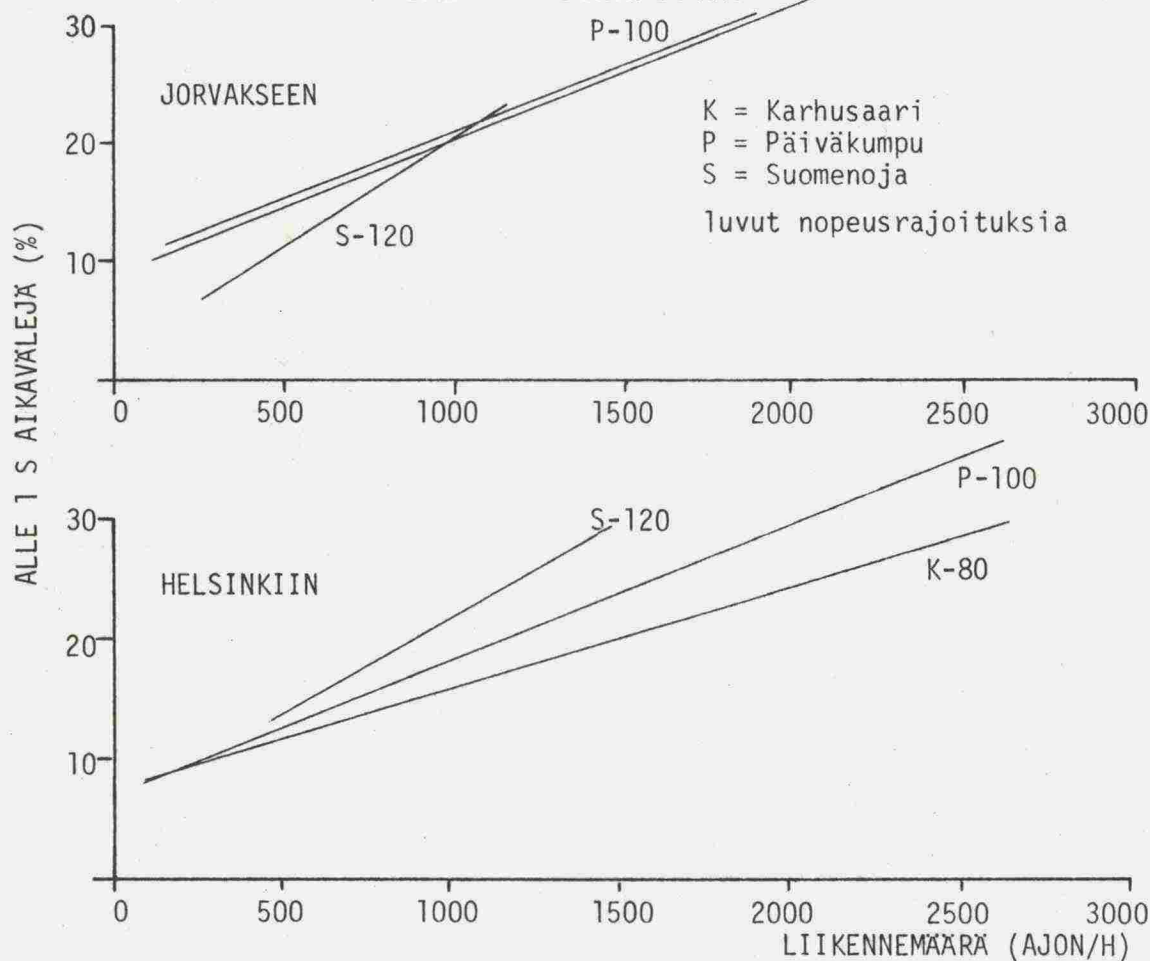


Kuva 75. Alle 1 s bruttoaikavälien osuuden ja liikennemäärän väliset regressiosuorat eri mittauspisteissä hyvissä olosuhteissa.

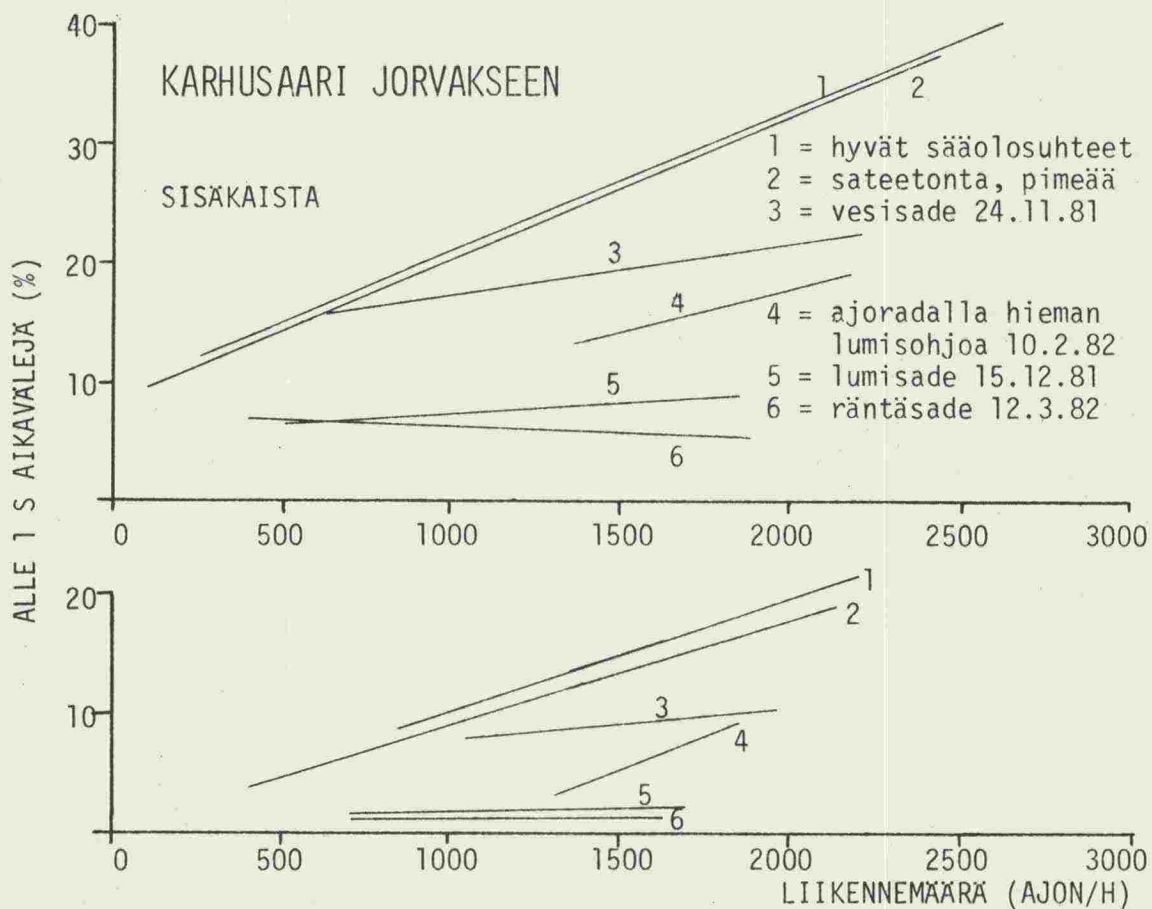
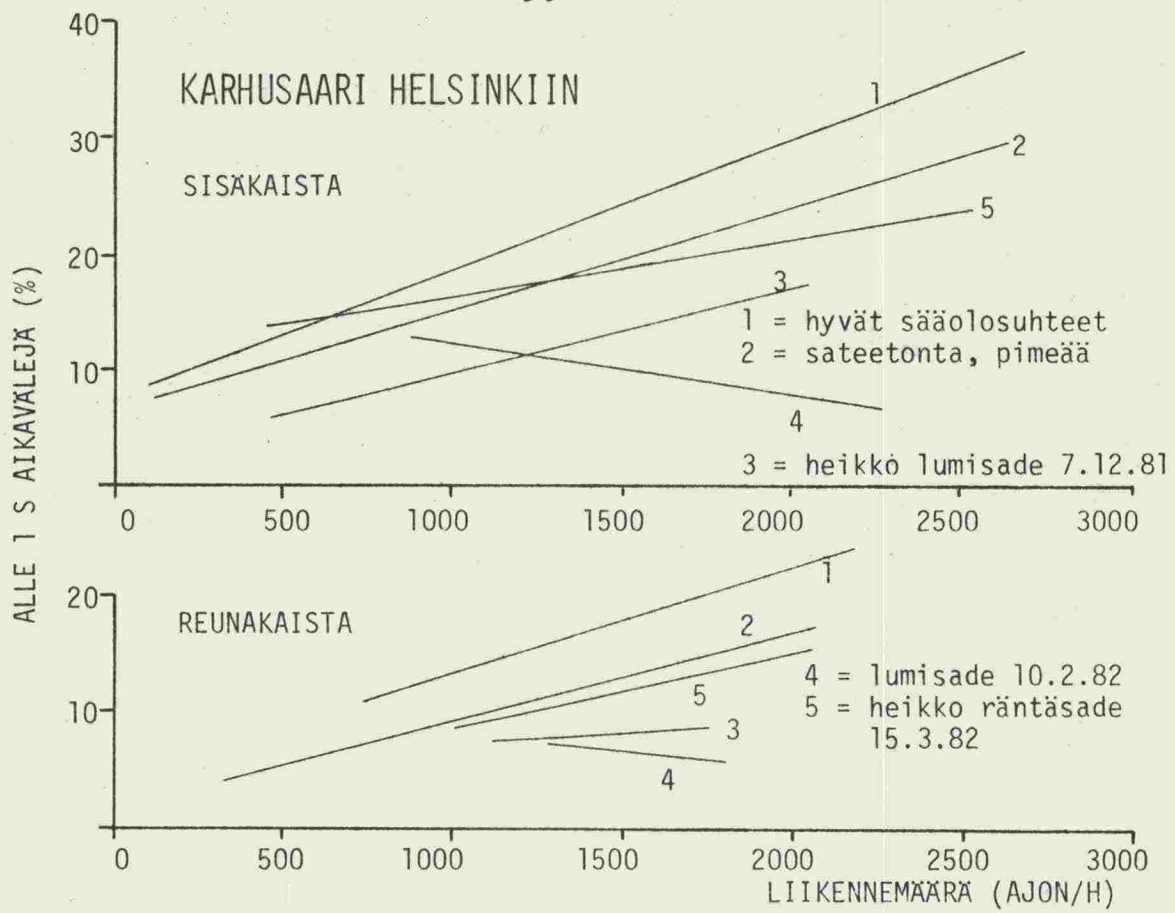
# SATEETONTA, PIMEÄÄ REUNAKAISTAT



# SATEETONTA, PIMEÄÄ SISÄKAISTAT

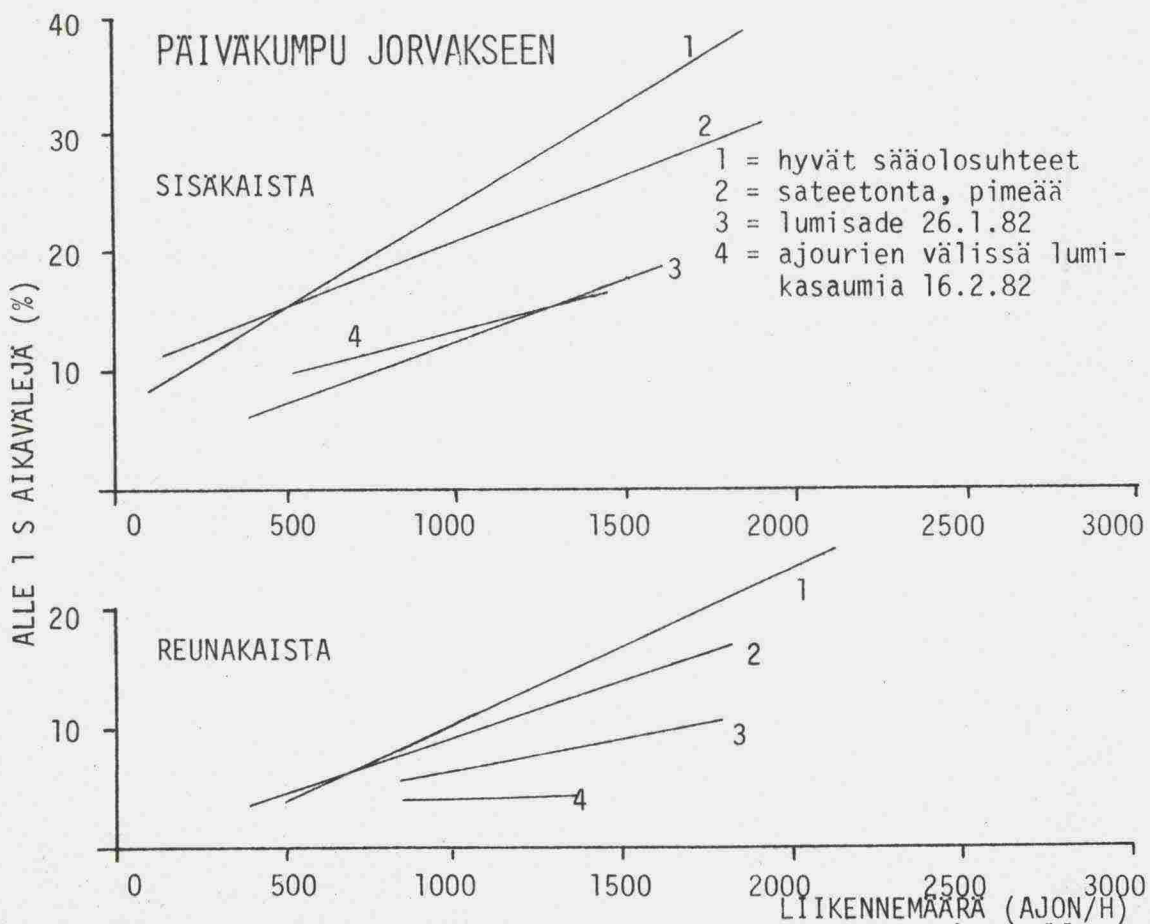
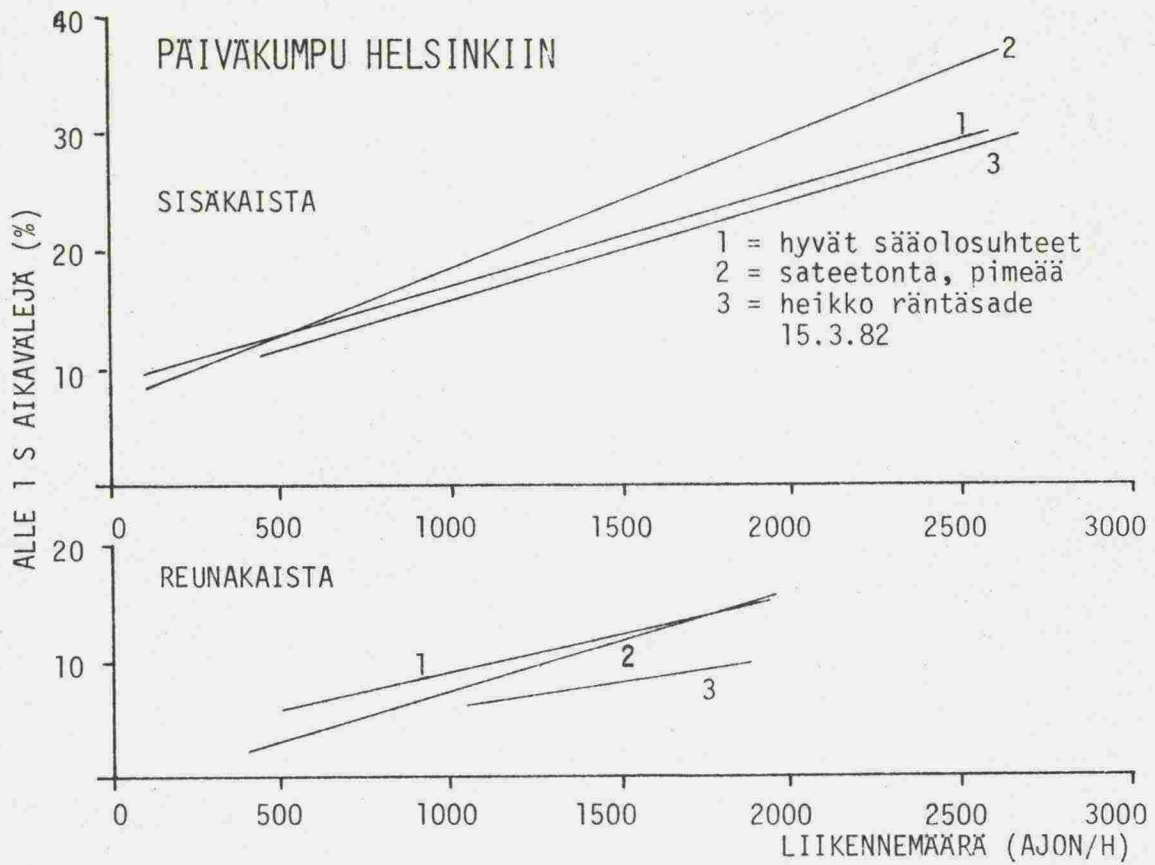


Kuva 76. Alle 1 s bruttoaikavälien osuuden ja liikennemäärän väliset regressiosuorat eri mittauspisteissä sateettomissa, pimeissä olosuhteissa.

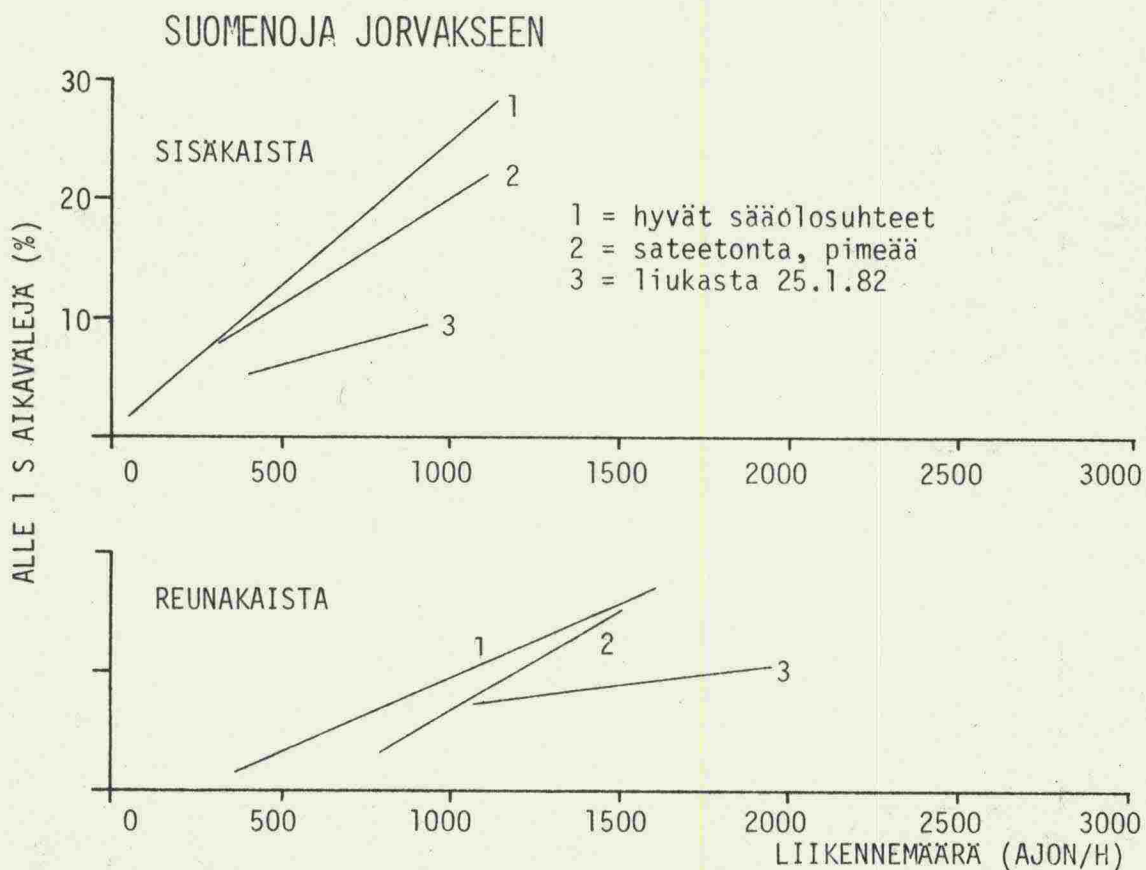
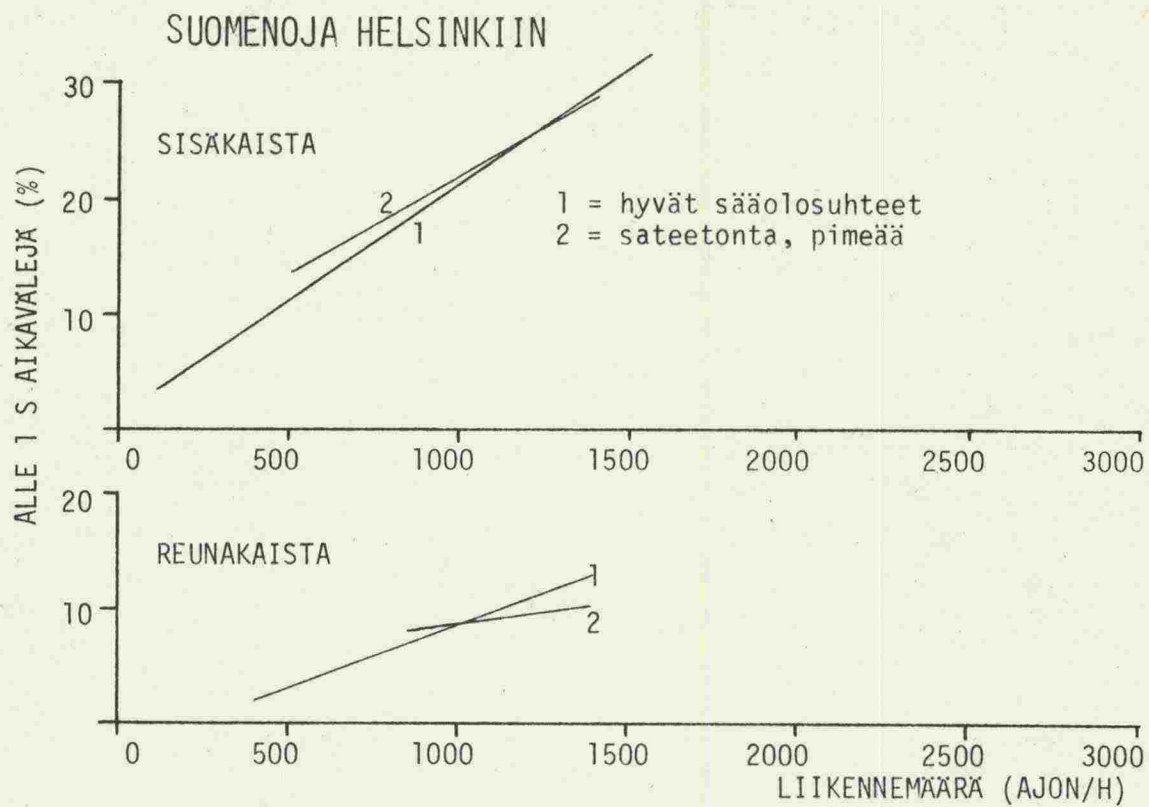


Kuva 77. Karhusaaren mittauspisteen eri kaistojen alle 1 s bruttoaikavälien osuuden ja liikennemäärän väliset regressiosuorat eri olosuhteissa.

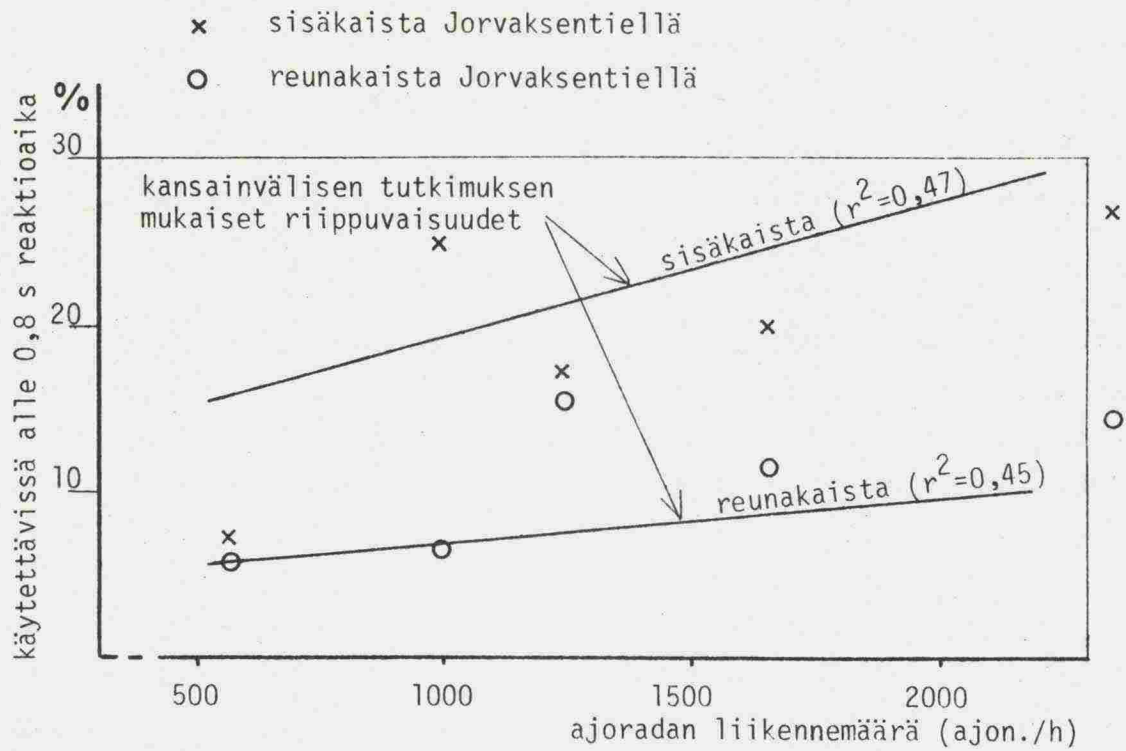




Kuva 78. Päiväkummun mittauspisteen eri kaistojen alle 1 s bruttoaikaväliden osuuden ja liikennemäärän väliset regressiosuorat eri olosuhteissa.



Kuva 79. Suomenojan mittauspisteen eri kaistojen alle 1 s bruttoaikavälien osuuden ja liikennemäärän väliset regressiosuorat eri olosuhteissa.



Kuva 80. Alle 0,8 s reaktioaikaa vastaavalla aikavälillä ajavien (n. 1 sek bruttoaikaväli) osuus reuna- ja sisäkaistalla ajoradan liikennemäärän funktiona.

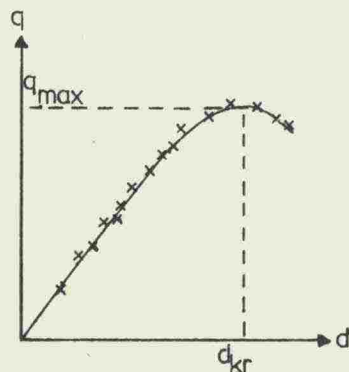


## 9. TUTKIMUSMENETELMÄN JA TULOSTEN TARKASTELU

### 9.1 Tutkimusmenetelmän tarkastelu

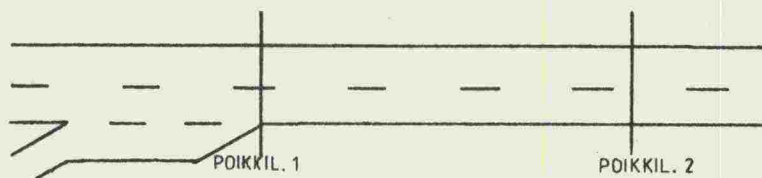
Mittauslaitteisto soveltui hyvin suoritettuihin mittauksiin. Ainoana rajoituksena on, ettei Jari I:llä voida mitata ajoittain pysähtelevää liikennevirtaa. Mittausten aikana laitteisto toimi lähes häiriöttä.

Tutkimuksessa muodostettiin Jorvaksentien eri nopeusrajoitusalueiden eri olosuhteiden liikennevirtakuvaajat. Liikennevirta saavuttaa kriittisen tilan, kun liikennemäärä on yhtäsuuri kuin tien kapasiteetti. Tätä tilaa kuvaavien liikennevirran perussuureiden luotettava arvioiminen liikennevirtakuvaajista edellyttää, että kuvaajat perustuvat mittauksiin, joiden aikana liikennetiheys on vaihdellut riittävästi. Mittauksiin tulisi sisältyä havaintojaksoja, joissa välityskyky on alentunut kriittisen liikennetiheyden ylittymisen seurauksena. Tällöin  $q$ - $d$ -pisteistö olisi kuvan 81 pisteistön kaltainen. Tällaisen pisteistön saaminen edellyttää, että tarkastelta-



Kuva 81. Kapasiteetin ja muiden liikennevirran kriittistä tilaa kuvaavien suureiden luotettavan määrittämisen edellyttämä  $q$ - $d$ -pisteistö.

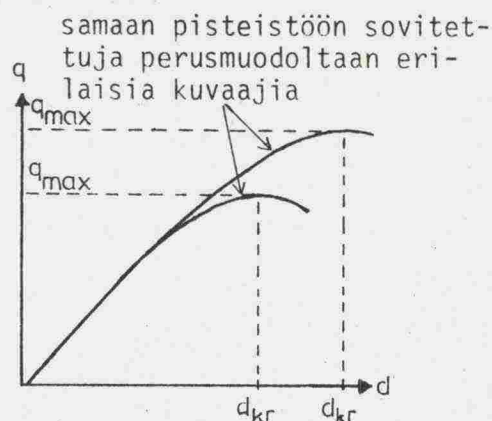
valle tieosalle syötetään tieosan kapasiteetin ylittävä liikennemäärä. Oheisen kaavion poikkileikkauksen 1 liikennemäärän tulisi tällöin olla suurempi kuin mitattavan poikkileikkauksen 2 kapasiteetti. Jos näin ei ole, saadaan kuvan 82a mukaisia pisteistöjä, jollaisia oli huomattava osa



tässä tutkimuksessa saaduista pisteistöistä. Näihin pisteistöihin sovitetuista kuvaajista voidaan määrittää ainoastaan kapasiteetin ja muiden liikennevirran kriittistä tilaa kuvaavien suureiden laskennalliset arvot. Ne ovat kuitenkin epäluotettavia ja riippuvat käytetystä kuvaajan perusmuodosta (kuva 82b).



Kuva 82a. Kapasiteetin luotettavaan määrittämiseen liian suppea q-d-pisteistö, jossa ei ole kriittisen tiheyden ylittäviä pisteitä.



Kuva 82b. Liian suppeaan pisteistöön sovitetusta kuvaajasta saatu laskennallinen kapasiteetti riippuu kuvaajan perusmuodosta.

Kuvan 81 mukaisten pisteistöjen saaminen edellyttää myös, että mittauspoikkileikkauksesta alavirtaan on riittävän pitkä tieosa, jolla ei ole pullonkaulaa, johon mittauspoikkileikkauksen läpäissyt liikennevirta ruuhkautuisi. Jos tieosalla on tällainen pullonkaula, saatu q-d-pisteistö on kuvassa 83 esitetyn pisteistön kaltainen. Pullonkaula on näissä tapauksissa ruuhkauttanut liikenteen mittauspoikkileikkauksessa ennen kuin liikennemäärät ovat saavuttaneet kapasiteetin. (Kapasiteetti olisi voitu saavuttaa vain, jos aiemmin käsitelty ehto olisi täytetty). Mittauspoikkileikkauksen liikennemäärä ruuhkautumisen jälkeen ei kuvaa tarkasteltavan tieosan kapasiteettia vaan pullonkaulan kapasiteettia. Päiväkummun ja Karhusaaren mittauspisteissä saatiin eräissä Helsingin suunnan mittauksissa tällaisia pisteistöjä.

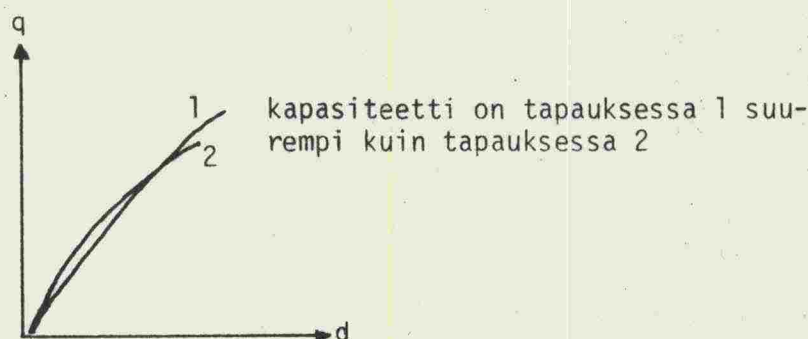




Kuva 83. Pisteistö liikennevirrasta, jonka mittauspoikkileikkauksesta alavirtaan oleva pullonkaula ruuhkauttaa.

Kun kuvan 83 pisteistöstä poistetaan pullonkaulan ruuhkauttaman liikennevirran pisteet, jäljelle jää pisteistö, joka vastaa kuvan 82a pisteistöä. Näin ollen kapasiteettia ja muita liikennevirran kriittistä tilaa kuvaavia suureita ei pystytä tässäkään tapauksessa määrittämään luotettavasti.

Vaikka kapasiteettia ei pystyittäisi määrittämään täysin luotettavasti, saattaa eri tapauksien kapasiteettien suuruusjärjestyksen määrittäminen olla silti mahdollista. Tämä edellyttää, että eri tapauksien liikennevirtakuvaajat ovat riittävästi toisistaan poikkeavia jo kriittistä tiheyttä pienemmillä tiheyksillä (kuva 84). Jorvaksentien liikennevirtakuvaajista Karhusaaren ja Päiväkummun Helsingin suunnan kuvaajat soveltuivat kapasiteettien suuruusjärjestyksen arviointiin.



Kuva 84. Kaksi liikennevirtakuvaajaa, joista voidaan päätellä kapasiteettien suuruusjärjestys, vaikka kuvaajat eivät ulotu kriittiseen tiheyteen saakka.

Vaarallisten aikavälien tarkastelussa oletettiin, että peräkkäin ajavien ajoneuvojen nopeudet ja hidastuvuudet jarrutuk-



sessä ovat yhtäsuuria, jolloin käytettävissä oleva reaktio-aika riippuu ainoastaan aikavälistä. Mitattu aineisto antaisi kuitenkin mahdollisuuden tarkempaankin tarkasteluun, jossa kunkin aikavälin vaarallisuuden arvioinnissa otettaisiin huomioon peräkkäin ajavien ajoneuvojen nopeus- ja hidastuvuuserot. Ajoneuvojen maksimaaliset hidastuvuudet arvioitaisiin tällöin pituuden perusteella. Nopeuksien ja hidastuvuuksien huomioon ottaminen jatkotutkimuksissa saataisi parantaa tulosten luotettavuutta.

## 9.2 Tulosten tarkastelu

Liikennevirtakuvaajista ei voitu tehdä selvää johtopäätöstä nopeusrajoituksen vaikutuksesta tien kapasiteettiin, kriittiseen liikennetiheyteen ja välityskykyä vastaavaan nopeuteen. Nopeusrajoituksen vaikutuksen tutkiminen perustui eri mittauspisteissä tehtyihin mittauksiin. Mittauspisteet erosivat nopeusrajoituksen lisäksi toisistaan myös muilta ominaisuuksiltaan, jotka vaikuttavat kapasiteettiin vaikeuttaen nopeusrajoituksen vaikutuksen havaitsemista. Erityisesti tarkastelua vaikeutti seuraavan liikenteen alavirran liittymän erilainen vaikutus eri mittauspisteissä.

Tuloksista voidaan kuitenkin päätellä, että nopeusrajoitusten 100 ja 80 km/h välillä ei kapasiteetissa ole huomattavaa eroa, sillä jos näin olisi, olisi se havaittu myös tässä tutkimuksessa käytetyllä mittausjärjestelyllä. Liikennevirtakuvaajista voidaan karkeasti arvioida, että ero on korkeintaan n. 10 %. Myöskään Salzburg-München moottoritien tutkimuksessa ei nopeusrajoitusten 100 ja 80 km/h välillä havaittu kapasiteeteissa huomattavaa eroa, selvä ero ilmeni vasta vapaan nopeuden ja 80 km/h rajoituksen välillä. Jorvaksentien kapasiteettia ei voida ainakaan huomattavasti lisätä käyttämällä nykyisillä 100 km/h rajoitusalueilla ruuhkaliikenteessä 80 km/h rajoitusta. Vielä ei ole kuitenkaan tutkittu lisääkö 60 km/h rajoituksen käyttö kapasiteettia.

Olosuhteiden ja liikennetilanteen mukaisten nopeusrajoituksien käytöstä olisi joka tapauksessa kaksi selvää etua. Nykyisiä alhaisia rajoituksia voitaisiin nostaa hyvissä olosuhteissa, kun liikennemäärät ovat pieniä. Toisaalta tur-

vallisuussyistä nopeusrajoituksia voitaisiin alentaa huonoissa olosuhteissa, joihin onnettomuustilastojen mukaan onnettomuudet kasautuvat.

Olosuhteet vaikuttavat selvästi tien kapasiteettiin. Kapasiteetti oli huonoimmissa mitatuissa olosuhteissa n. kolmanneksen pienempi kuin hyvien olosuhteiden mittauksissa. Tämän tuloksen valossa tien poikkileikkauksen mitoituksessa mitoittava liikenne tulisi kertoa n. 1,5:llä, jos se esiintyy huonoissa olosuhteissa.

Nopeusrajoituksen suurenemisen havaittiin lisäävän alle 1 s aikavälien osuutta sisäkaistalla. Alle 1 s aikavälillä ajaminen lienee ajajien eräänlaista protestointia edellä ajavien nopeuksia kohtaan. Tällainen liikenneturvallisuuden kannalta ilmeisen haitallinen ajotapa yleistyy siis nopeusrajoituksen kohotessa.

Liikennevirtaa tarkastelemalla voidaan tehdä eräistä liikennevirran ominaisuuksista vain välillisiä johtopäätöksiä turvallisuudesta. Nopeusrajoituksella on kuitenkin ilmeinen vaikutus moottoritien turvallisuuteen. On lisäksi huomattava, että nopeusrajoituksen alentaminen ei aiheuta merkittävää aikakustannusten lisääystä, jos liikenteen alavirtaan on pullonkaula, joka ruuhkauttaa liikenteen. Suuri nopeus ennen pullonkaulaa vain pidentää aikaa, jonka ajoneuvot ovat liikenne-ruuhkassa. Aamulla nopeusrajoituksen alentaminen Jorvaksentiellä Helsingin suunnan ajoradalla sen jälkeen, kun liikenne on ruuhkautunut Helsingin puoleisessa päässä, ei näin ollen lisääisi oleellisesti aikakustannuksia.

Nopeusrajoituksen vaikutusta liikennevirtaan voidaan jatkossa tutkia tarkemmin, jos samassa poikkileikkauksessa voidaan mitata eri nopeusrajoituksilla. Tällöin mittauspisteiden väliset paikalliset erot eivät vaikeuta nopeusrajoituksen vaikutuksen havaitsemista.

Jatkotutkimuksissa voidaan uusien mittauksien lisäksi hyödyntää jo mitattua aineistoa. Mitatusta aineistosta voidaan muodostaa koko ajoradan liikennevirtakuvaajat, jotka

saattavat kuvata liikennevirran kriittistä tilaa selvemmin kuin kaistakohtaiset kuvaajat. Lisäksi aineistoa voidaan käyttää turvallisuuteen vaikuttavien liikennevirran ominaisuuksien tutkimiseen. Aineistosta on kokonaan tutkimatta eri tekijöiden vaikutus nopeuksien hajontaan sekä nopeus- ja aikavälijakaumiin. Vaarallisten aikavälien analyysi voidaan myös tehdä uudelleen siten, että kunkin aikavälin vaarallisuus arvioidaan ottaen huomioon peräkkäin ajavien ajoneuvojen nopeus ja hidastuvuuserot.



## 10. YHTEENVETO

Tutkimus on ensimmäinen vaihe tutkimusohjelmassa, jossa tarkastellaan periaatetasolla vaihtuvien nopeusrajoitusten käytön edellytyksiä, vaikutuksia ja toteutustapaa Jorvaksentielä. Tavoitteena oli selvittää nopeusrajoituksen sekä sää- ja keliolosuhteiden vaikutusta liikennevirran ominaisuuksiin. Jorvaksentien liikennevirtaa tutkittiin muodostamalla eri nopeusrajoitusalueiden liikennevirtakuvaajat eri olosuhteissa sekä analysoimalla vaarallisten aikavälien esiintymistä. Kirjallisuuden avulla tarkasteltiin aiempia tutkimustuloksia nopeusrajoituksen ja olosuhteiden vaikutuksesta liikennevirtaan. Koska liikennevirtakuvaajia voidaan muodostaa useilla eri menetelmillä, tarkasteltiin kirjallisuustutkimuksessa myös kuvaajien muodostamiseen liittyviä kysymyksiä mahdollisimman luotettavan menetelmän löytämiseksi.

Liikennevirtakuvaajien muodostamisen päävaiheet ovat:

- 1) Liikennevirrasta mitataan ajoneuvojen aikavälit ja nopeudet.
- 2) Mittaukset jaetaan havaintojaksoihin ja lasketaan kunkin jakson liikennemäärä ja keskinopeus, joista liikennevirran perusyhtälön avulla lasketaan liikennetiheys.
- 3) Muodostetaan liikennemäärän, tiheyden ja keskinopeuden väliset pisteistöt, joissa jokaista havaintojaksoa kuvaa yksi piste.
- 4) Sovitetaan liikennevirtakuvaajat näihin pisteistöihin.

Kuvaajat muodostetaan yleensä tien poikkileikkauksessa mitatun havaintoaineiston pohjalta. Useimmiten halutaan kuitenkin tarkastella liikennevirtaa tietyllä mittauspoikkileikkauksella ympäröivällä tieosalla. Tällöin mittauspoikkileikkaus on valittava siten, että ajoneuvojen nopeudet poikkileikkauksessa vastaavat mahdollisimman tarkoin keskinopeutta tarkasteltavalla tieosalla.

Havaintojaksot, joihin liikennevirtakuvaajat perustuvat, voidaan muodostaa useilla eri menetelmillä. Tavoitteena on, että liikennevirta on havaintojakson ajan mahdollisim-

Reuna- ja sisäkaistan vapaiden nopeuksien ero kasvaa selvästi nopeusrajoituksen kasvaessa. Ero on rajoituksella 80 km/h n. 7 km/h ja rajoituksella 120 km/h n. 17 km/h. Laskennalliset kriittiset tiheydet olivat reunakaistalla 29-50 ajon./km ja sisäkaistalla 24-62 ajon./km. Hyvissä keliolosuhteissa reuna-kaistan vapaa nopeus oli nopeusrajoituksella 80 km/h n. 86 km/h, vastaava arvo oli sekä nopeusrajoituksella 100 että 120 km/h n. 93 km/h eli vain 7 km/h suurempi kuin rajoituksella 80 km/h. Sisäkaistan vapaat nopeudet hyvissä keliolosuhteissa nopeusrajoituksilla 80, 100 ja 120 km/h olivat n. 93, 104 ja 110 km/h. Kuvaajien perusteella näyttää ilmeiseltä, että yhden kaistan kapasiteetti on hyvissä olosuhteissa moottoriteillä suurempi kuin 2000 ajon./h, jota usein käytetään kapasiteetin arvona.

Liikennevirtakuvaajien pohjalta ei voitu tehdä selvää johtopäätöstä nopeusrajoituksen vaikutuksesta kapasiteettiin, mutta rajoitusten 80 ja 100 km/h välillä ei kapasiteetissa ilmeisesti ole suurta eroa. Huonoimmissa mitatuissa olosuhteissa kapasiteetti oli n. kolmanneksen pienempi kuin hyvissä olosuhteissa. Pimeän ajan nopeudet ovat valaistuilla tiellä keskimäärin yhtä suuria kuin vastaavissa keliolosuhteissa valoisalla. Valaisemattomalla tiellä nopeudet olivat pimeällä keskimäärin 5 km/h pienempiä kuin valoisalla.

Verrattaessa liikenteen käyttäytymistä Jorvaksentiellä ja Salzburg-München moottoritiellä havaittiin, että liikenteitiheyden kasvaessa pienevät nopeudet Jorvaksentiellä selvästi vähemmän kuin Salzburg-München moottoritiellä.

Vaarallisten alle 1 s aikavälien osuutta tarkasteltiin liikennemäärän funktiona Jorvaksentien eri kaistoilla, eri nopeusrajoituksilla ja eri olosuhteissa. Sisäkaistalla on alle 1 s aikavälien osuus selvästi suurempi kuin vastaavalla liikennemäärällä reunakaistalla. Nopeusrajoitus ei vaikuta alle 1 s aikavälien osuuteen reunakaistalla, sen sijaan sisäkaistalla nopeusrajoituksen kasvaminen suurentaa alle 1 s aikavälien osuutta. Huonoissa olosuhteissa alle 1 s aikavälien osuus on selvästi pienempi kuin hyvissä olosuhteissa.



Mittaukset, joiden perusteella tarkasteltiin nopeusrajoituksen vaikutusta liikennevirran ominaisuuksiin, oli tehty eri mittauspisteissä. Tarkastelua vaikeutti se, että mittauspisteet poikkeasivat toisistaan nopeusrajoituksen lisäksi myös muilta ominaisuuksiltaan. Tämän vuoksi nopeusrajoituksen vaikutusta liikennevirtaan voidaan jatkossa tutkia tarkemmin, jos tarkastelu perustuu samassa poikkileikkauksessa eri nopeusrajoituksilla tehtyihin mittauksiin.



KIRJALLISUUSLUETTELO

- /1/ Beckmann, H., Jacobs, F., Lenz, K.-H., Wiedemann, R. & Zackor, H., Das Fundamentaldiagramm. Forschungsarbeiten aus dem Strassenwesen. Heft 89. Bonn-Bad Godesberg 1973.
- /2/ Benjamin, T., Drivers' risk-taking, speed behaviour and accidents on motorways. A fifteen-country study of some factors influencing the number and the severity of road accidents 1980. IDBRA 1980.
- /3/ Brilon, W., Der Zusammenhang zwischen räumlich-zeitlichen Kennwerten des Verkehrsablaufs und lokal ermittelten Parametern. Institut für Verkehrswesen Universität Karlsruhe. Vorläufiger Bericht Nr. 18.
- /4/ Cremer, M., Der Verkehrsfluss auf Schnellstrassen. Fachberichte Messen Steuern Regeln 3. Heidelberg 1979.
- /5/ Duncan, N., A note on speed/flow/concentration. Traffic engineering & control. January 1976.
- /6/ Gafarian, A., Lawrence. R. & Munjal. P., An experimental validation of various methods for obtaining relationships between traffic flow, concentration, and speed on multilane highways. Highway Research Record 349. Washington D.C. 1971.
- /7/ Gerlough, D. & Huber, M., Traffic Flow Theory. Transportation Research Board. Special report 165. Washington D.C. 1975.
- /8/ Jeffery, D. & White, M., Fog detection and some effects of fog on motorway traffic. Traffic engineering & control. April 1981.
- /9/ Jeffery, D. & White, M., Some aspects of motorway traffic behaviour in fog. TRRL Laboratory Report 958. Berkshire 1980.

- /10/ Roine, M., Tarkkaileva nopeustutkimus, nopeuksien kehitys ja nopeusrajoitusten vaikutus nopeuksiin vuosina 1976-1977. TVH käyttöosasto. Helsinki 1978.
- /11/ Sainio, H., Moottoriteillä tapahtuneet liikenneonnettomuudet 1976-80. HTKK liikennetekniikan erikoistyö. 1981.
- /12/ Salusjärvi, M., Nopeusrajoituskokeilut Suomen yleisillä teillä. VTT tie- ja liikennelaboratorio. Tiedonanto 55. Espoo 1980.
- /13/ Sato, K. & Igarashi, H., A non-linear traffic model and practical capacity on snowy and icy surface. Proceedings of the seventh international symposium on transportation and traffic theory. Kioto 1977.
- /14/ Summala, H., Viive kuljettajan (ja auton) väistämisreaktioissa: käyttäytymisparametri liikennesuunnittelijoille. Tie- ja liikenne, 5/1981.
- /15/ Tuominen, P., Liikennevirran perusyhtälö ja liikennevirramallit. Liikennevirran ominaisuudet. HTKK liikennetekniikka. Julkaisu 46. Espoo 1979.
- /16/ Zackor, H., Beurteilung verkehrsabhängiger Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Autobahnen. Strassenbau und Strassenverkehrstechnik. Heft 128. 1972.
- /17/ Öberg, G., Friktion och reskastighet på vägar med olika vinterväghållning. VTI rapport nr 218. 1981.



LIITE 1/1 Esimerkki mittauksen käsittelyohjelman tulostuksesta

TKK LIIKENNELABORATORIO

LIIKENNEANALYSAATTORIMITTAUS 15.09.1981 KLO: 7.17-

PISTE: JORVAKSENTIE SUOMENOJA  
KAISTA: REUNAKAISTA

SUUNTA: HELSINKIIN

KELLONAika	Q AJON/H	VS KM/H	N AJON/KM	HYVIAV/ KAIKKI HAV'	HA % PA %	LA % KA %	REKAT % NIIV %
7.17 - 7.20	1340.	89.0	15.1	67/ 67	92.4	7.6	0.0
7.20 - 7.25	1392.	86.5	16.1	116/ 116	87.9	11.2	0.9
7.25 - 7.30	1368.	86.6	15.8	114/ 114	86.8	12.3	0.9
7.30 - 7.34	1351.	85.3	15.8	112/ 112	86.8	12.3	0.9
YHTEENSE							
7.17 - 7.34	1365.	86.6	15.8	409/ 409	88.5	10.6	0.7

BRUTTOAIKAVELIJAKAUTUMA

LUOKKAJAKO	AIKAJAKSOT							
	7.17 - 7.20		7.20 - 7.25		7.25 - 7.30		7.30 - 7.34	
	KPL	%	KPL	%	KPL	%	KPL	%
- 0.5	2.	3.03	0.	0.00	0.	0.00	1.	0.89
- 1.0	10.	15.15	16.	13.79	11.	9.65	13.	11.61
- 1.5	14.	21.21	21.	18.10	26.	22.81	23.	20.34
- 2.0	7.	10.61	15.	12.93	17.	14.91	17.	15.18
- 2.5	6.	9.09	12.	10.34	11.	9.65	13.	11.61
- 3.0	3.	4.55	12.	10.34	13.	11.40	8.	7.14
- 3.5	5.	7.58	13.	11.21	9.	7.89	8.	7.14
- 4.0	3.	4.55	7.	6.03	10.	8.77	5.	4.46
- 4.5	6.	9.09	7.	6.03	3.	2.63	8.	7.14
- 5.0	1.	1.52	2.	1.72	3.	2.63	4.	3.57
- 6.0	5.	7.58	6.	5.17	6.	5.26	4.	3.57
- 7.0	3.	4.55	2.	1.72	1.	0.88	4.	3.57
- 8.0	0.	0.00	2.	1.72	3.	2.63	2.	1.79
- 9.0	0.	0.00	0.	0.00	1.	0.88	0.	0.00
- 10.0	1.	1.52	0.	0.00	0.	0.00	1.	0.89
- 11.0	0.	0.00	1.	0.86	0.	0.00	1.	0.89
- 12.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 13.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 14.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 15.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 16.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 17.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 18.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 19.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 999.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
KESKIAARVO	2.64		2.61		2.61		2.70	
HAJONTA	1.93		1.73		1.69		1.90	
LUKUMIERE	66.0		116.0		114.0		112.0	

KESKIAARVO = 2.64 KESKHAJONTA = 1.792  
HAAVINTOJEN MIERE = 408



# LIITE 1/2

## NETTOAIKAVELIJAKAUTUMA

LUOKKAJAKO	AIKAJAKSOT							
	7.17 - 7.20		7.20 - 7.25		7.25 - 7.30		7.30 - 7.34	
	KPL	%	KPL	%	KPL	%	KPL	%
- 0.5	5.	7.38	6.	5.17	6.	5.26	4.	3.57
- 1.0	14.	21.21	24.	20.69	17.	14.91	16.	14.29
- 1.5	11.	16.67	13.	11.21	22.	19.30	26.	23.21
- 2.0	5.	7.58	15.	12.93	16.	14.04	15.	14.29
- 2.5	5.	7.58	13.	11.21	11.	9.65	7.	6.25
- 3.0	4.	6.06	13.	11.21	12.	10.53	10.	8.93
- 3.5	6.	9.09	10.	8.62	8.	7.02	6.	5.36
- 4.0	3.	4.55	7.	6.03	8.	7.02	5.	4.46
- 4.5	4.	6.06	3.	2.59	1.	0.88	7.	6.25
- 5.0	2.	3.03	3.	2.59	3.	2.63	5.	4.46
- 6.0	3.	4.55	4.	3.45	5.	4.39	3.	2.68
- 7.0	3.	4.55	3.	2.59	3.	2.63	3.	2.68
- 8.0	0.	0.00	1.	0.86	1.	0.88	2.	1.79
- 9.0	0.	0.00	0.	0.00	1.	0.88	0.	0.00
- 10.0	1.	1.52	0.	0.00	0.	0.00	2.	1.79
- 11.0	0.	0.00	1.	0.86	0.	0.00	0.	0.00
- 12.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 13.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 14.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 15.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 16.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 17.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 18.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 19.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 999.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
KESKIAARVO	2.43		2.37		2.36		2.47	
HAJONTA	1.93		1.74		1.69		1.89	
LUKUMIETRE	66.0		116.0		114.0		112.0	

KESKIAARVO= 2.40      KESKIHAJONTA = 1.797  
 HAVAINTOJEN MIETRE= 408

LIITE 1/3

NOPEUKSIEN AIKAJAKAUTUMA

LUOKKAJAKO	AIKAJAKSOT							
	7.17 - 7.20		7.20 - 7.25		7.25 - 7.30		7.30 - 7.34	
	KPL	%	KPL	%	KPL	%	KPL	%
- 35.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 40.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 45.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 50.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 55.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 60.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 65.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 70.0	2.	2.99	3.	2.59	5.	4.39	5.	4.46
- 75.0	3.	4.48	8.	6.90	11.	9.65	12.	10.71
- 80.0	10.	14.93	31.	26.72	13.	11.40	24.	21.43
- 85.0	12.	17.91	22.	18.97	25.	21.93	21.	18.75
- 90.0	13.	19.40	11.	9.48	21.	18.42	16.	14.29
- 95.0	9.	13.43	9.	7.76	13.	11.40	8.	7.14
- 100.0	6.	8.96	13.	11.21	13.	11.40	11.	9.82
- 105.0	4.	5.97	8.	6.90	6.	5.26	6.	5.36
- 110.0	4.	5.97	2.	1.72	5.	4.39	3.	2.68
- 115.0	0.	0.00	5.	4.31	0.	0.00	1.	0.89
- 120.0	3.	4.48	4.	3.45	2.	1.75	4.	3.57
- 125.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 130.0	1.	1.49	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 135.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	1.	0.89
- 140.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 145.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 150.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
- 200.0	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00	0.	0.00
KESKIARVO	90.51		88.03		87.84		86.98	
HAJONTA	12.15		12.24		10.64		12.79	
LUKUMIÉRI	67.0		116.0		114.0		112.0	

KESKIARVO= 88.10      KESKIHAJONTA = 11.970  
 HAVAINTOJEN MIÉRI= 409







LIITE 2/1 Mittauspaikat, -ajankohdat ja -olosuhteet sekä  
mitatut ajoneuvomäärät

Mittaukset hyvissä olosuhteissa

pvm	mitt.aika	paikka	suunta	ajon. määrä	säähavainnot	
					mittaaja	Kaisaniemen sääasema
7.9.-81	15.16-18.30	Karhusaari	Jorvas	7497	pilvetöntä	} pilvistä, 15°C
7.9.-81	15.00-17.59*	Päiväkumpu	Jorvas	5893	pilvetöntä	
9.9.-81	15.10-18.00*	Päiväkumpu	Jorvas	4933	pilvistä	} puolipilvistä, 17°C
9.9.-81	15.08-17.39*	Suomenoja	Jorvas	3726	pilvistä	
10.9.-81	15.20-18.00*	Karhusaari	Jorvas	6912	pilvistä	} puolipilvistä, 14°C
10.9.-81	15.38-17.47	Suomenoja	Jorvas	3737	-	
15.9.-81	6.42-9.35	Karhusaari	H:ki	8041	lähes pil- vetöntä	} pilvistä, 12°C
15.9.-81	7.17-9.21	Suomenoja	H:ki	3300	pilvetöntä	
16.9.-81	6.40-9.01*	Karhusaari	H:ki	6790	pilvistä	} pilvistä, 10°C
16.9.-81	7.20-9.00 <sup>1)</sup>	Päiväkumpu	H:ki	3844	pilvistä	
			Jorvas			
17.9.-81	6.40-9.30*	Päiväkumpu	H:ki	6213	pilvetöntä	} puolipilvistä, utua, 10°C
17.9.-81	6.57-9.29	Suomenoja	H:ki	3198	pilvistä	
24.9.-81	10.23-12.31*	Päiväkumpu	H:ki & Jorvas	1325 1320	} -	} puolipilvistä, 9°C
25.9.-81	10.17-12.15	Suomenoja	H:ki & Jorvas	1153 1105		
28.9.-81	10.43-12.43	Karhusaari	H:ki & Jorvas	2335 2541	} pilvistä	} pilvistä, 10°C
30.9.-81	12.45-13.46	Päiväkumpu	H:ki	767		
30.9.-81	14.03-15.06	Päiväkumpu	Jorvas	1040	pilvetöntä	} pilvistä, 10°C
1.10.-81	12.43-13.43	Suomenoja	Jorvas	570		
1.10.-81	13.59-15.00	Suomenoja	H:ki	670	pilvistä	} pilvistä, tihku- sadetta, 10°C
13.10.-81	7.44-8.30	Päiväkumpu	H:ki	1971	pilvetöntä	
22.3.-82	6.49-9.15	Karhusaari	H:ki	7184	} sateetonta	} puolipilvistä
22.3.-82	6.59-9.05*	Päiväkumpu	H:ki	5018		

\*mittaus ei ole yhtäjaksoinen

1) vain reunakaistat

## Mittaukset sateettomissa, pimeissä olosuhteissa

pvm	mitt.aika	paikka	suunta	ajon. määrä	sähavainnot	
					mittaaja	Kaisaniemen sääsema
18.11.-81	16.04-17.46	Suomenoja	Jorvas	2925	sateetonta (16.50 alk. heikkoa, ajoit- taista lumis.)	pilvistä, 7°C
23.11.-81	15.50-18.25*	Karhusaari	Jorvas	6785	sateetonta	pilvistä, 7°C
23.11.-81	20.55-21.55	Karhusaari	H:ki	457	sateetonta	pilvistä, 6°C
23.11.-81	22.05-23.06	Karhusaari	Jorvas	558	sateetonta	pilvistä, 6°C
25.11.-81	7.00-8.06	Päiväkumpu	H:ki	3714	ajoittaista tihkusadetta	puolipilvistä, 4°C
25.11.-81	15.50-18.00*	Päiväkumpu	Jorvas	4858	sateetonta, ajor. kostea	puolipilvistä, 4°C
26.11.-81	6.53-8.53	Suomenoja	H:ki	3413	sateetonta	pilvistä, vesisa- detta, 5°C
26.11.-81	15.50-18.11*	Karhusaari	Jorvas	6325	sateetonta	pilvistä, vesisa- detta, 5°C
26.11.-81	19.40-20.41	Päiväkumpu	H:ki	525	sateetonta	pilvistä, vesisa- detta, 4°C
26.11.-81	20.55-21.56	Päiväkumpu	Jorvas	873	sateetonta	pilvistä, väh.vesi- sadetta, 3°C
27.11.-81	6.50-8.03	Karhusaari	H:ki	3819	sateetonta	pilvistä, 4°C
2.12.-81	6.50-8.06	Karhusaari	H:ki	3922	sateetonta ajor. märkä	pilvistä, 4°C
2.12.-81	16.20-17.45	Päiväkumpu	Jorvas	3478	sateetonta	pilvistä, tihkusa- detta, 5°C

\*mittaus ei ole yhtäjaksoinen

Mittaukset talviolosuhteissa ja vesisateella

pvm	mitt.aika	paikka	suunta	ajon. määrä	mittaaja	säähavainnot			
						Lapinlahden sillan tiesääasema		ajor. pinta kuiva ja suolaton	tuulen nopeus (m/s)
						lämpöt. (°C)			
						1)	2)		
7.12.-81	6.50-9.20*	Karhusaari	H:ki	6384	heikkoa lumisadetta	-	-	-	-
15.12.-81	15.50-19.01*	Karhusaari	Jorvas	6822	vaihtelevaa lumisadetta	-	-	-	-
16.12.-81	16.55-18.06	Päiväkumpu	Jorvas	2415	ajourien välissä lumikasautumia, sateetonta	-	-	-	-
25.1.-82	16.29-18.15	Suomenoja	Jorvas	2484	erittäin liukasta, heikkoa lumisadetta	-4,5	-4,4	ei	4
26.1.-82	15.49-18.35*	Päiväkumpu	Jorvas	4921	lumisadetta, ajor. lähes lumeton, ilm. suolattu	-6,3	-6,0	ei	7
10.2.-82	7.05-8.15	Karhusaari	H:ki	3848	lumipyry, liukasta, pakkaslunta ajoradalla, lumikasautumia ajourien välillä	-7,8	-7,2	ei	5
10.2.-82	15.45-16.46	Karhusaari	Jorvas	3551	ajor. hieman sohjoinen	-0,7	-0,7	ei	3
12.3.-82	16.18-18.40*	Karhusaari	Jorvas	5405	lumisade, ajor. hieman sohjoinen	3,0	5,9	ei	3
15.3.-82	7.00-9.08	Karhusaari	H:ki	6450	heikkoa räntäs. ajor. märkä	-	-	-	-
15.3.-82	6.50-9.00	Päiväkumpu	H:ki	5268	heikkoa räntäs. ajor. märkä	-	-	-	-
24.11.-82	15.55-18.00*	Karhusaari	Jorvas	5737	vesisadetta	-	-	-	-

\*mittaus ei ole yhtäjaksoinen

1) lämpötila sillalla ajoradan pinnassa

2) lämpötila Lauttasaareissa 200 m sillalta 2 cm syvyydessä asfaltissa



LIITE 3 Maksimaaliset liikennemäärät sekä niiden esiintymisjaksojen alkamisajat ja keskinopeudet Päiväkummussa Helsingin suuntaan ja Karhusaaressa

		q <sub>5max</sub>			q <sub>15max</sub>			q <sub>30max</sub>		
		alkoi	ajon	v	alkoi	ajon	v	alkoi	ajon	v
Karhusaari Helsinkiin:		klo	/h	km/h	klo	/h	km/h	klo	/h	km/h
hyvä sää	15.9.-81 reunak.	7.35	2208	68,6	7.25	2124	72,9	7.15	2054	73,4
	sisäk.	7.35	2520	75,1	7.30	2476	75,3	7.25	2336	76,8
	16.9.-81 reunak.	7.30	2088	69,0	7.20	2056	74,1	-	-	-
	sisäk.	7.35	2652	74,2	7.25	2532	75,9	-	-	-
	22.3.-82 reunak.	7.35	2112	56,1	7.30	2068*	56,7	7.15	1964*	66,1
	sisäk.	7.30	2748	70,6	7.30	2440*	57,9	7.25	2308*	57,7
	27.11.-81 reunak.	7.40	2052	66,0	7.35	1944	67,7	7.20	1870	71,1
	sisäk.	7.40	2580	70,2	7.35	2412	75,9	7.25	2302	79,8
	2.12.-81 reunak.	7.50	1944	53,2	7.30	1880	66,2	7.25	1850	59,4
	sisäk.	7.35	2364	70,0	7.30	2228	73,8	7.25	2164	69,1
sateetonta, pimeää	10.2.-82 reunak.	7.40	1860	51,4	7.35	1848	51,7	7.25	1726	55,8
	sisäk.	7.35	2244	58,3	7.35	2084	55,1	7.25	1990	60,9
	heikko räntäsade reunak.	7.40	2100	46,8	7.30	2004	59,4	7.25	1937	55,7
	15.3.-82 sisäk.	7.30	2496	72,3	7.30	2400*	66,2	7.25	2252*	62,2
Karhusaari Jorvaksen:										
hyvä sää	7.9.-81 reunak.	16.15	2184	76,8	16.10	2140	76,1	16.10	2106	75,5
	sisäk.	16.15	2460	91,9	16.05	2404	91,3	16.10	2334	91,9
	10.9.-81 reunak.	16.10	2136	71,8	16.10	2080	71,6	16.10	2010	73,2
	sisäk.	16.10	2568	86,1	16.05	2348	91,5	16.10	2298	89,6
sateetonta, pimeää	26.11.-81 reunak.	16.05	2172	68,1	16.05	2036	71,1	16.10	1996	71,2
	sisäk.	16.10	2460	87,4	16.05	2392	88,6	16.10	2284	89,7
	24.11.-81 reunak.	15.55	1932	70,2	15.55	1888	68,1	15.55	1850	66,0
	sisäk.	16.05	2304	79,7	16.05	2216	78,0	16.05	2188	77,2
lumisade -82	15.12.-82 reunak.	16.00	1704	54,2	16.25	1528	53,4	16.10	1490	54,0
	sisäk.	16.00	1848	63,4	16.00	1764	66,9	16.15	1736	65,0
	ajoradalla hie-	16.30	1836	63,6	16.05	1752	67,4	16.05	1734	66,6
	man sohjoa 10.2.	16.20	2232	82,2	16.10	2200	80,2	16.10	2194	79,8

\*liikenne ruuhkautunut osan ajasta

		q <sub>5max</sub>			q <sub>15max</sub>			q <sub>30max</sub>		
		alkoi	ajon	v	alkoi	ajon	v	alkoi	ajon	v
Päiväkumpu Helsinkiin:		klo	/h	km/h	klo	/h	km/h	klo	/h	km/h
	16.9.-81 reunak.	7.40	1980	69,4	7.35	1844	76,8	7.25	1752	79,0
hyvä sää	17.9.-81 reunak.	7.30	1920	73,4	7.30	1824	69,8	7.25	1754	71,7
	sisäk.	7.30	2580	79,5	7.30	2412	74,8	7.25	2214	78,3
22.3.-82	reunak.	7.25	2088	68,2	7.25	1996	69,6	7.25	1910	67,9
	sisäk.	7.25	2640	83,0	7.25	2560	78,2	7.25	2408	77,6
sateetonta pimeää	25.11.-81 reunak.	7.35	2052	68,2	7.30	1888	71,5	7.25	1758	74,2
	sisäk.	7.35	2616	78,7	7.30	2396	84,0	7.25	2244	88,0
heikko räntäsade -82	reunak.	7.30	1860	66,8	7.25	1836	58,8	7.25	1764	52,5
	sisäk.	7.30	2664	74,2	7.20	2468	81,2	7.15	2270	69,8

ISBN-951-46-5525-7